

## Trabajo Fin de Grado

Requisitos técnicos y normativos para transformar  
un semirremolque a plataforma basculante

Technical and regulatory requirements to modify a  
platform semi-trailer to a dumper semi-trailer

Autor

Borja Palaguerri Molina

Director

Santiago Baselga Ariño

Universidad de Zaragoza  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2019-2020

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres por el esfuerzo que han hecho durante todos estos años, y que, a pesar de todo, han seguido a mi lado. A Laia, mi hermana, apoyo incondicional para lo bueno y para lo malo. A Alberto, por llevar más de media vida aguantándome. También a todos esos compañeros de fatigas, especialmente a César, porque ha sido una referencia como persona, a Daniel, Lorenzo y Patricia por ser las tres patas que le faltaban al banco y a Berta, por ponerle casi más ganas que yo estos últimos tres años.

Tampoco me quiero olvidar de todos esos profesores que han hecho de este viaje un aprendizaje, esos que realmente con esfuerzo y tesón se dedican a transmitir sus conocimientos y pasión por la ingeniería.

Gracias.

## RESUMEN

En este trabajo se pretende hacer un estudio de la parte técnica y normativa que se lleva a cabo en un proyecto técnico de reforma realizado sobre un vehículo de categoría O4 para el montaje de una bañera basculante. Para ello, se estudiará la normativa aplicable a las reformas en los vehículos.

Se elegirá un vehículo comercial identificado por su tarjeta ITV, su permiso de circulación y sus datos de homologación. Los datos de homologación se pueden obtener a partir de las publicaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. Esta documentación nos proporciona la información necesaria del vehículo, tanto en su categoría de homologación como en sus datos técnicos de partida.

A continuación, se definirá el alcance de la reforma llevada a cabo, que es la instalación de una bañera basculante con su respectivo sistema de accionamiento y elementos de anclaje. Esta reforma deberá seguir los requisitos normativos establecidos en el Real Decreto 866/2010 y en el Manual de Reformas de Vehículos.

El Manual de reformas identifica códigos de reforma en función de los sistemas afectados por las reformas, así como los actos reglamentarios (Directivas, reglamentos...) que son susceptibles de haber sido afectado por la reforma, de modo que tras identificar los afectados se procederá a la justificación de su cumplimiento.

Por último, se realizarán los cálculos justificativos, esfuerzos, dimensionado del actuador hidráulico, masas y dimensiones, elementos de unión, esfuerzos sobre el chasis y estabilidad lateral.

Este texto no pretende tener un valor real ni procesarse como proyecto técnico de una reforma, sino dar una visión general de cómo se deberían abordar los aspectos técnicos y normativos.

## TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

TÉRMINO	SIGNIFICADO
<i>MITMA</i>	Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
<i>AR</i>	Acto reglamentario
<i>CR</i>	Código de reforma
<i>Q</i>	Carga útil
<i>MMA</i>	Masa máxima admisible
<i>T</i>	Tara
<i>T<sub>d</sub></i>	Tara inicial en grupo de ejes delantero
<i>T<sub>t</sub></i>	Tara inicial en grupo de ejes trasero
<i>Dep</i>	Peso del depósito
<i>R<sub>dep d</sub></i>	Reacción provocada por el depósito en el grupo de ejes delantero
<i>R<sub>dep t</sub></i>	Reacción provocada por el depósito en el grupo de ejes trasero
<i>R<sub>Q d</sub></i>	Reacción provocada por la carga útil en el grupo de ejes delantero
<i>R<sub>Q t</sub></i>	Reacción provocada por la carga útil en el grupo de ejes trasero
<i>R'<sub>d</sub></i>	Cargas totales añadidas en el grupo de ejes delantero
<i>R'<sub>t</sub></i>	Cargas totales añadidas en el grupo de ejes trasero
<i>d<sub>Q</sub></i>	Distancia de la carga útil respecto al King-pin
<i>R<sub>A</sub></i>	Reacción producida por la carga útil en las bisagras
<i>R<sub>B</sub></i>	Reacción producida por la carga útil en el punto de unión bañera-actuador
<i>R<sub>C</sub></i>	Reacción producida por la carga útil en el punto de unión bañera chasis
<i>F<sub>cil</sub></i>	Fuerza ejercida por el actuador (cilindro hidráulico)
<i>α</i>	Ángulo de inclinación de la bañera respecto de la horizontal
<i>σ<sub>x max</sub></i>	Tensión normal máxima en la sección
<i>τ<sub>xy max</sub></i>	Esfuerzo cortante máximo en la sección
<i>C.S.</i>	Coefficiente de seguridad
<i>N<sub>x</sub></i>	Fuerza axil
<i>V<sub>max</sub></i>	Fuerza cortante
<i>σ<sub>e</sub></i>	Límite elástico
<i>A<sub>τ</sub></i>	Área que trabaja a cortante
<i>A<sub>σ</sub></i>	Área que trabaja a aplastamiento
<i>β</i>	Coefficiente de transformación tensión de fluencia-esfuerzo cortante admisible
<i>ϑ</i>	Coefficiente tensión normal admisible- tensión de fluencia
<i>τ<sub>adm</sub></i>	Esfuerzo cortante admisible
<i>σ<sub>adm</sub></i>	Tensión normal admisible
<i>σ<sub>eT</sub></i>	Tensión de fluencia
<i>e<sub>1</sub></i>	Distancia desde el centro del taladro hasta el frontal según eje longitudinal
<i>e<sub>2</sub></i>	Distancia desde el centro del taladro hasta el lateral
<i>p<sub>1</sub></i>	Distancia longitudinal entre taladros contiguos
<i>p<sub>2</sub></i>	Distancia entre filas de taladros transversales

En orden de aparición en el documento.

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO Y ALCANCE</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>MEMORIA DESCRIPTIVA</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>OBJETO</b>	<b>9</b>
3.1.1	TARJETA IT	9
<b>3.2</b>	<b>ANTECEDENTES</b>	<b>10</b>
3.2.1	NORMATIVA	10
3.2.1.1	Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación (2).	10
3.2.1.2	Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos (3).	10
3.2.1.3	Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos (4).	11
3.2.1.4	Manual de Reforma de Vehículos (5ª revisión a fecha de 01/10/2019) (5)	11
3.2.1.5	Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (6).	11
3.2.2	REFORMA	12
3.2.2.1	Código de reforma 1.3	12
3.2.2.2	Código de reforma 8.50	12
3.2.2.3	Código de reforma 8.52	13
3.2.2.4	Código de reforma 8.60	13
3.2.2.5	Código de reforma 9.1	13
3.2.2.6	Código de reforma 9.2	14
3.2.3	RESUMEN DE LOS ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS	14
<b>3.3</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DESPUES DE LA REFORMA</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA REFORMA</b>	<b>17</b>
3.4.1	JUSTIFICACIÓN DE LOS ACTOS REGLAMENTARIOS	17
3.4.1.1	DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA (DPT)	17
3.4.1.2	EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	18
3.4.1.3	PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)	19
3.4.1.4	INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	20
3.4.1.5	PROTECCIÓN LATERAL	22
3.4.1.6	SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN	22
3.4.1.7	MASAS Y DIMENSIONES	22
3.4.1.8	ESTABILIDAD CONTRA EL VUELCO DE VEHÍCULOS CISTERNA	23
3.4.2	DESMONTAJES REALIZADOS	23
3.4.3	VARIACIONES Y SUSTITUCIONES	23
3.4.4	MATERIALES EMPLEADOS	23

3.4.5	MONTAJES REALIZADOS	24
3.4.5.1	UNIONES ATORNILLADAS	24
<b>4</b>	<b>CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA</b>	<b>25</b>
4.1.1	LONGITUD MÁXIMA	25
4.1.2	CARGA ÚTIL	25
4.1.3	DISTANCIA ENTRE EJES TÉCNICA	25
4.1.4	POSICIONAMIENTO DE LA CARGA	26
<b>4.2</b>	<b>REPARTO DE LA CARGA POR REASIGNACIÓN DE TARAS</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>DIMENSIONADO DE LA BAÑERA</b>	<b>27</b>
<b>4.4</b>	<b>CÁLCULO DE LAS REACCIONES DE LA BAÑERA</b>	<b>28</b>
<b>4.5</b>	<b>DIMENSIONADO DEL ACTUADOR HIDRÁULICO</b>	<b>28</b>
<b>4.6</b>	<b>ESFUERZOS EN EL BASTIDOR</b>	<b>31</b>
4.6.1	CONFIGURACIÓN DE CIRCULACIÓN	32
4.6.2	BAÑERA AL INICIO DE SU RECORRIDO	32
4.6.3	BAÑERA AL FINAL DE SU RECORRIDO	34
<b>4.7</b>	<b>CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE SUJECCIÓN</b>	<b>34</b>
4.7.1	VISAGRAS	35
4.7.2	ACTUADOR HIDRÁULICO	36
<b>5</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>39</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO I</b>		<b>41</b>
DEFINICIONES		
<b>ANEXO II</b>		<b>44</b>
CONTENIDO MÍNIMO DE UN PROYECTO TÉCNICO SEGÚN EL MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS (REV. 5)		
<b>ANEXO III</b>		<b>46</b>
CODIGO ALFANUMÉRICO UTILIZADO EN LA TARJETA DE ITV SEGÚN EL RD 750/2010		
<b>ANEXO IV</b>		<b>47</b>
FICHA REDUCIDA DEL VEHÍCULO		
<b>ANEXO V</b>		<b>48</b>
MODELO DE FICHA REDUCIDA RD 750/2010		
<b>ANEXO VI</b>		<b>49</b>
CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE LAS REFORMAS		
<b>ANEXO VII</b>		<b>53</b>
PUNTO 1.2.1.5. DEL ANEXO II DEL REGLAMENTO (UE) 1003/2010		
<b>ANEXO VIII</b>		<b>54</b>
TABLA RESUMEN DEL REGLAMENTO CEPE/ONU 48		
<b>ANEXO IX</b>		<b>59</b>

CÁLCULOS DEL APARTADO 4.1. Y 4.2	
<b>ANEXO X</b>	<b>62</b>
CÁLCULO DE LAS REACCIONES EN LOS APOYOS DE LA BAÑERA	
<b>ANEXO XI</b>	<b>64</b>
FICHA DE CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR HIDRÁULICO	
<b>ANEXO XII</b>	<b>66</b>
CÁLCULO DE INERCIA DE LOS LARGUEROS	
<b>ANEXO XIII</b>	<b>67</b>
CÁLCULO DE LAS REACCIONES EN LOS EJES	
<b>ANEXO XIV</b>	<b>70</b>
CÁLCULO DE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS	
<b>ANEXO XV</b>	<b>72</b>
CÁLCULO DE LAS UNIONES ATORNILLADAS	
<b>ANEXO XVI</b>	<b>75</b>
FICHA DE CARACTERÍSTICAS SOPORTE DEL ACTUADOR	
<b>ANEXO XVII</b>	<b>76</b>
CROQUIS DEL VEHÍCULO FINAL	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 AR afectados por reforma 1.3	12
Tabla 2 AR afectados por reforma 8.50	12
Tabla 3 AR afectados por reforma 8.52	13
Tabla 4 AR afectados por reforma 8.60	13
Tabla 5 AR afectados por reforma 9.1	14
Tabla 6 Resumen de AR afectados	14
Tabla 7 AR actualizados	15
Tabla 8 Características antes y después	16
Tabla 9 Dispositivos de alumbrado y señalización	20
Tabla 10 Características tornillos	23
Tabla 11 Reparto de cargas	27
Tabla 13 Características bañera de aluminio	27
Tabla 14 Esfuerzos máximos en apoyos de bañera	28
Tabla 15 Características actuador hidráulico. (14)	30
Tabla 16 Características largueros	31
Tabla 17 Areas e inercias largueros	31
Tabla 18 Esfuerzos en largueros, marcha	32
Tabla 19 Coeficientes de seguridad, marcha	32
Tabla 20 Esfuerzos en largueros, 0º	33
Tabla 21 Coeficientes de seguridad, 0º	33
Tabla 22 Esfuerzos en largueros, 40º	34
Tabla 23 Coeficientes de seguridad, 40º	34
Tabla 24 Áreas tornillos solicitadas	35
Tabla 25 Nº tornillos bisagra	36
Tabla 26 Nº tornillos cilindro	37
Tabla 27 Ficha reducida del vehículo	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tarjeta ITV Fuente: propia	9
Ilustración 2 Dispositivo de protección trasera tipo Fuente: propia	17
Ilustración 3 Posicionamiento de las matrículas. Fuente: propia	18
Ilustración 4 Punto 3.2.1 sobre criterios de aplicación del Reglamento CEPE/ONU 10	19
Ilustración 5 Luz agrupada trasera. Fuente: (8)	20
Ilustración 6 Marcado continuo de alta visibilidad trasero. Fuente: (9)	21
Ilustración 7 Ejemplo de colocación del marcado lateral de alta visibilidad. Fuente: (9)	21
Ilustración 8 Dispositivo de protección lateral. Fuente: (10)	22
Ilustración 9 Anclaje de los sistemas antiproyección. Fuente: (11)	22
Ilustración 10 Ejemplo del montaje del semirremolque basculante. Fuente: (13)	24
Ilustración 11 Representación de los puntos de apoyo del sistema equivalente. Fuente: (13)	25
Ilustración 12 Centros de gravedad Fuente: propia	26
Ilustración 13 Dimensiones bañera. Fuente: propia	27
Ilustración 14 Esquema de los puntos de la bañera Fuente: propia	28
Ilustración 15 Reacciones en apoyos de bañera Fuente: propia	28
Ilustración 16 Esfuerzos en cilindro hidráulico Fuente: propia	29
Ilustración 17 Inclinación máxima de 40 grados. Fuente: propia	30
Ilustración 18 Croquis larguero. Fuente: propia	31
Ilustración 19 Sistema de fuerzas para orden de marcha. Fuente: propia	32
Ilustración 20 Diagramas de esfuerzos en orden de marcha. Fuente: Software Atlas (15)	32
Ilustración 21 Diagramas de esfuerzos inclinación mínima. Fuente: propia	33
Ilustración 22 Diagramas de esfuerzos inclinación máxima. Fuente: propia	34
Ilustración 23 Esfuerzo cortante del apoyo bisagra. Fuente: propia	35
Ilustración 24 Croquis bisagra posicionamiento taladros. Fuente: propia	36
Ilustración 25 Esfuerzos sobre soportes del actuador. Fuente: propia	37
Ilustración 26 Anclaje chasis-actuador FC-FE 147. Fuente: (14)	37
Ilustración 27 Centro de gravedad. Fuente: Propia	59



# 1 INTRODUCCIÓN

En el año 2019 se transportaron por carretera más de 1.5 billones de toneladas, que supone alrededor del 94% del total del transporte interior incluyendo el transporte por ferrocarril, marítimo y aéreo (Datos obtenidos del MITMA). Esto es debido al buen estado y al carácter central de la red de carreteras españolas. El transporte interurbano de larga distancia se suele realizar con vehículos de gran tonelaje que permiten transportar mayores cargas, dejando los recorridos más cortos a vehículos de menor tonelaje, más pequeños y versátiles.

La importancia de este sector ha generado a su alrededor empresas que se dedican a la construcción, reparación y modificación de estos vehículos, entre los que se incluyen los de categoría O4. A pesar de que existen modelos estandarizados y hechos a medida, hay una parte de ellos que, por diversos motivos, se modifica tras su matriculación para variar algunas de sus características iniciales y/o el tipo de tarea que realizan, resultando más económico modificar el vehículo en propiedad que comprar uno nuevo. Esto no supone que, a pesar del ahorro, el vehículo resultante tenga unas características peores o sea menos seguro que uno recién salido de fábrica.

Con el fin de garantizar que dicho vehículo sigue cumpliendo los requisitos técnicos para su matriculación tras la reforma, se han redactado una serie de normativas nacionales y europeas creando un marco de actuación en su mayor parte común a todos los miembros de la Comunidad Económica Europea. A la vez se garantizan unos estándares de calidad y mejora en la construcción que avanzan conforme lo hacen estas normativas.

Queda dicho que cualquier reforma de un vehículo recogida en el ámbito de aplicación normativo está sujeta a la correcta ejecución y tramitación por personal cualificado conforme se dicta en la normativa aplicable.

## 2 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de este trabajo es la instalación de una bañera de obra basculante sobre un semirremolque de categoría O4 de tres ejes desde el punto de vista técnico y normativo relacionado con este ámbito de reformas.

La estructura seguida está desarrollada en el Manual de Reformas de Vehículos y se adjunta en el ANEXO II. Como se realiza un estudio, y el objeto de este proyecto no es desarrollar un proyecto técnico completo sino el aprendizaje sobre reformas, se incluyen únicamente las dos primeras partes del proyecto técnico: memoria y cálculos justificativos.

Se ha elegido un modelo de semirremolque tipo plataforma de carga general que se identifica debidamente con sus fichas de ITV y la ficha reducida del fabricante, adjuntada en el ANEXO IV. A este vehículo se le aplicarán las reformas, que se describirán y se llevarán a cabo nombrando todos los actos reglamentarios de manera que se use la normativa actualizada vigente. Se reflejan las características antes y después de la reforma.

Además, y apoyándose en herramientas de cálculo computacional y de resistencia de materiales estudiados a lo largo del grado, se realizan unos modelos de ensayo que servirán para los cálculos justificativos de:

- Esfuerzos sufridos en los puntos de apoyo de la bañera.
- Dimensionado del actuador hidráulico y elección de un modelo comercial.
- Estudio de los esfuerzos resultantes sobre el chasis
- Dimensionado de los anclajes bañera-chasis.

Paralelamente se desarrollan modelos 3D de los que se obtendrán los croquis que reflejen y aclaren los resultados.



## 3.2 ANTECEDENTES

En este apartado se expondrá la normativa relacionada y, de acuerdo con el Real Decreto 866/2010 la reforma a realizar explicando los motivos que la originan y relacionando los AR que son afectados.

### 3.2.1 NORMATIVA

*El artículo 1 del Reglamento General de Vehículos, aprobado por el Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, establece que la circulación de vehículos exigirá que éstos obtengan previamente la correspondiente autorización administrativa. También en dicho precepto se faculta al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para establecer excepciones al cumplimiento de alguna de las condiciones técnicas previstas en dicho Reglamento a determinados vehículos, equipos, repuestos y accesorios. (1)*

Este es el primer párrafo que aparece en el Real Decreto 750/2010 y que establece como requisito fundamental para poder circular la homologación de los vehículos.

Pero, además, un vehículo puede ser modificado tras la matriculación. Estas reformas de importancia han sido reguladas para garantizar que, tras dichos procesos en los que se modifican aspectos importantes del vehículo, sigan cumpliendo una serie de requisitos.

A continuación, se expone en orden cronológico los textos más importantes relacionados:

[3.2.1.1 Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación \(2\).](#)

Estableció un criterio para las reformas de importancia sobre vehículos resultando una pieza clave en su evolución. Nombra 32 reformas que se considerarán de importancia, independientemente de si son antes o después de la matriculación.

[3.2.1.2 Directiva 2007/46/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007 por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos \(3\).](#)

*El objetivo de esta directiva marco es la introducción de un sistema obligatorio de homologación comunitaria para las categorías M, N y O, así como la homologación de los sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellas destinadas. Ampliando su ámbito de aplicación, que hasta entonces estaba limitada a vehículos completos de categoría M1. También establece pautas para garantizar y controlar la conformidad de la producción (3).*

Debido a que el Real Decreto 736/1988 permitía realizar reformas antes de la matriculación y la Directiva 2007/46/CE que se incorporó al ordenamiento jurídico español sólo lo permite para vehículos previamente matriculados, se hace necesario renovar la regulación de la tramitación de las reformas de vehículos.

### 3.2.1.3 Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos (4).

Deroga el Real Decreto 736/1988 y a fecha de la redacción de este TFG es el documento que regula la tramitación de las reformas de vehículos posteriores a su matriculación definitiva en España para garantizar que seguirán cumpliendo los requisitos técnicos para su circulación.

*Se aplica a todos los vehículos matriculados definitivamente y remolques ligeros (O1) autorizados a circular (4).*

En su anexo I tipifica las reformas en los once grupos siguientes:

1. Identificación.
2. Unidad motriz.
3. Transmisión.
4. Ejes.
5. Suspensión.
6. Dirección.
7. Frenos.
8. Carrocería.
9. Dispositivos de alumbrado y señalización.
10. Uniones entre vehículos tractores y sus remolques o semirremolques.
11. Modificaciones de los datos que aparecen en la tarjeta de ITV.

Estas reformas están desarrolladas y codificadas en el Manual de Reformas de Vehículos.

### 3.2.1.4 Manual de Reforma de Vehículos (5ª revisión a fecha de 01/10/2019) (5)

Desarrollado y distribuido por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo con ayuda de los órganos competentes en materia de ITV de las Comunidades Autónomas.

*Este manual establece los criterios, procedimientos y requisitos que se deben cumplir para la tramitación de las reformas de vehículos (5).* Se divide en cuatro secciones:

- I. VEHÍCULOS DE LAS CATEGORÍAS M, N y O.
- II. VEHÍCULOS DE CATEGORÍAS L, QUADS Y UTV.
- III. VEHÍCULOS AGRÍCOLAS.
- IV. VEHÍCULOS DE OBRAS Y/O SERVICIOS.

También establece un código de reforma (CR) para identificar las modificaciones que se adjunta en el ANEXO VI de este trabajo y sus Actos Reglamentarios (AR) aplicables.

Además, se deberá tener en cuenta la reglamentación base sobre vehículos en España:

### 3.2.1.5 Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos (6).

Desarrolla, complementa y pormenoriza el texto articulado de la Ley de Seguridad Vial. Es la normativa nacional base que establece los requisitos técnicos y de homologación de los vehículos.

*Establece como obligatoria la autorización administrativa para los vehículos, dirigida a verificar que estén en perfecto estado de funcionamiento y se ajusten en sus características, equipos, repuestos y accesorios a las prescripciones técnicas que se fijan en este Reglamento (6).* Y se

prohíbe la circulación de vehículos que no estén dotados de la citada autorización. Esta autorización administrativa a la que hace referencia es la de homologación.

### 3.2.2 REFORMA

A partir de la reforma expuesta, se identifican los códigos de las reformas según RD 866/2010 y AR aplicables a la categoría O4, que son afectados, eliminando los CR que no afectan por claridad y que son:

- 2. UNIDAD MOTRIZ
- 3. TRANSMISIÓN
- 4. EJES Y RUEDAS
- 5. SUSPENSIÓN
- 6. DIRECCIÓN
- 7. FRENOS
- 10. UNIONES ENTRE VEHÍCULOS TRACTORES Y SUS REMOLQUES O SEMIRREMOLQUES
- 11. MODIFICACIÓN DE LOS DATOS QUE AFECTEN EN LA TARJETA ITV

Los AR se aplicarán según columna 3 o requisitos alternativos de la columna 4 del Anexo I del Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, teniendo en cuenta los siguientes criterios de aplicación (5):

- 1: El AR se aplica en su última actualización en vigor, a fecha de tramitación de la reforma (5).
- 2: El AR se aplica en la actualización en vigor en la fecha de la primera matriculación del vehículo, si la homologación del mismo exige el AR incluido en la tabla. En caso que el AR no fuera exigido para la homologación del vehículo en la fecha de su primera matriculación, se deberá aplicar al menos el AR en la primera versión incluida en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio, como obligatoria (A) (5).

#### 3.2.2.1 Código de reforma 1.3

##### Cambio de emplazamiento de la placa de matrícula

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	70/222/CE	2
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2

Tabla 1 AR afectados por reforma 1.3

#### 3.2.2.2 Código de reforma 8.50

##### Transformación que modifique la longitud del voladizo delantero y/o trasero

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA	70/221/CEE	2
EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	70/222/CE	2
MECANISMO DE DIRECCIÓN	70/331/CEE	1
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2
MASAS Y DIMENSIONES	97/27/CE	1

Tabla 2 AR afectados por reforma 8.50

### 3.2.2.3 Código de reforma 8.52

#### Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA	70/221/CEE	2
EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	70/222/CE	2
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2
SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN	91/226/CEE	2
MASAS Y DIMENSIONES	97/27/CE	1

Tabla 3 AR afectados por reforma 8.52

*No se considera reforma: La instalación de grupos hidráulicos y neumáticos, tanto en camiones tractores, para el accionamiento del basculante del semirremolque como en camiones tractores y semirremolques, para la carga y descarga de materiales pulverulentos y limpieza del vehículo (5).*

### 3.2.2.4 código de reforma 8.60

#### Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA	70/221/CEE	2
EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	70/222/CE	2
PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)	72/245/CEE	2
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2
PROTECCIÓN LATERAL		
SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN	91/226/CEE	2
MASAS Y DIMENSIONES	97/27/CE	1
ESTABILIDAD CONTRA EL VUELCO DE VEHÍCULOS CISTERNA	Reglamento CEPE/ONU 111R	2

Tabla 4 AR afectados por reforma 8.60

*Esta reforma se aplica a situaciones tales como: hormigoneras, volquetes, caja recolectora de basura, portavehículos, portacontenedores, instalación de techo duro sobre caja abierta (Hard-top), cajas ordinarias o la desinstalación de elementos fijos que afecten a la estructura del espacio de carga (carrozado del vehículo), entre otras (5).*

### 3.2.2.5 Código de reforma 9.1

#### Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización en cuanto a ubicación o características

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)	72/245/CEE	2
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2
CATADIÓPTICOS	76/757/CEE	2

LUCES DE GÁLBO, DE POSICIÓN DELANTERAS Y TRASERAS, DE FRENADO, LATERALES, DE POSICIÓN Y DE CIRCULACIÓN DIURNA	76/758/CEE	2
INDICADORES DE DIRECCIÓN	76/759/CEE	2
DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO DE LA PLACA POSTERIOR	76/760/CEE	2
LUCES ANTINEBLA TRASERAS	77/5387CEE	2
LUCES DE MARCHA ATRÁS	77/539/CEE	2
SEÑALIZACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS Y LARGOS	Reglamento CEPE/ONU 70R	2
LUCES DE POSICIÓN LATERAL	Reglamento CEPE/ONU 87R	2
SEÑALIZACIÓN DE VEHÍCULOS PESADOS Y LARGOS	Reglamento CEPE/ONU 104R	2

Tabla 5 AR afectados por reforma 9.1

### 3.2.2.6 Código de reforma 9.2

**Modificación o sustitución de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización en cuanto a ubicación o características**

Afecta a los mismos actos reglamentarios que el código 9.1.

### 3.2.3 RESUMEN DE LOS ACTOS REGLAMENTARIOS AFECTADOS

En esta tabla se recogen todos los AR que se deberán tener en cuenta para cumplir los requisitos exigidos por la reforma.

SISTEMA AFECTADO	REFERENCIA	APLICABLE
DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA	70/221/CEE	2
EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR	70/222/CE	2
PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)	72/245/CEE	2
INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA	76/756/CEE	2
PROTECCIÓN LATERAL	89/297/CEE	2
SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN	91/226/CEE	2
MASAS Y DIMENSIONES	97/27/CE	1
ESTABILIDAD CONTRA EL VUELCO DE VEHÍCULOS CISTERNA	Reglamento CEPE/ONU 111R	2

Tabla 6 Resumen de AR afectados

Como ya se ha mencionado anteriormente, habrá que acudir a la columna 3 o requisitos alternativos de la columna 4 del Anexo I del Real Decreto 2028/1986 para ver la normativa aplicable al vehículo, que depende de su fecha de matriculación.

Deberán tenerse en cuenta las actualizaciones que éste Real Decreto ha sufrido para que realmente sea la normativa correspondiente. A día de realización de este TFG la última actualización es la incorporada por la Orden ICT/397/2020.



Este Real Decreto 2028/1986 en numerosas ocasiones hace referencia a otro, el Reglamento (CE) 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009, relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados (7), cuyo anexo IV se modifica, incorporando las últimas actualizaciones exigidas. A demás de completarse con otra reglamentación derivada.

REFERENCIA MANUAL DE REFORMA DE VEHÍCULOS	REFERENCIA RD 2028/1986	REFERENCIA RD 661/2009
70/221/CEE	R.CEPE/ONU 58	Serie 03 de modificaciones
70/222/CE	R(UE) 1003/2010 Modificación de R(UE) 2015/166	-
72/245/CEE	R.CEPE/ONU 10	Serie 03 de modificaciones
70/331/CEE	R(UE) 2015/208 anexo V* R(UE) 2016/1788 R(UE) 2018/829	R.CEPE/ONU 79 Serie 03 de modificaciones
76/756/CEE	R. CEPE/ONU 48 R.CEPE/ONU 104**	Suplemento 10 de la serie 06 de modificaciones.
89/297/CEE	R.CEPE/ONU 73	Suplemento 1 de la versión original del Reglamento
91/226/CEE	R(CE) 661/2009 R(UE) 109/2011 R(UE) 2015/166	-
97/27/CE	R(CE) 661/2009 R(UE) 1230/2012	-
Reglamento CEPE/ONU 111R	-	-

Tabla 7 AR actualizados

(\*) Referente a vehículos agrícolas y sus componentes, no aplicable.

(\*\*) Referente a homologación

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DESPUES DE LA REFORMA

El Manual de Reformas de Vehículos exige que el emisor del informe analice únicamente las características del vehículo que cambian de tal modo que quede reflejado el estado antes de la reforma y después siguiendo el formato de la ficha reducida que figura en el RD 750/2010 para el tipo de vehículo específico y que aparece en el ANEXO V de este trabajo.

Si varios CR con AR en común se ven involucrados en la transformación se seguirá el criterio de aplicación del más restrictivo siendo necesario analizar solamente los puntos del AR afectados.

Cuando la reforma no afecte a alguno de los AR incluidos en ella se deberá justificar su cumplimiento con un Informe de Conformidad que deberá constar de: *la contraseña de homologación o número de informe que avale el cumplimiento de la reglamentación aplicable afectada por las transformaciones realizadas en el vehículo (4).*

CARACTERÍSTICA AFECTADA	ANTES	DESPUÉS
TIPO DE VEHÍCULO*	4310	4317
TIPO/VARIANTE/VERSIÓN	-	-
<b>MASAS Y DIMENSIONES</b>		
LONGITUD	8000 mm	8028 mm
DISTANCIA ENTRE CENTRO DEL DISPOSITIVO DE ENGANCHE Y EL BORDE TRASERO DEL VEHÍCULO	7250 mm	7278 mm
ALTURA	1400 mm	3400 mm
ALTURA DEL CDG	800 mm	1160 mm
VOLADIZO TRASERO	1190 mm	1218 mm
MASA DEL VEHÍCULO CON CARROCERÍA EN ORDEN DE MARCHA	4500 kg	5930 kg
DISTRIBUCIÓN DE ESTA MASA ENTRE LOS EJES	473,69-4026,31kg	882,69-5047,31kg
MMTA	32000 kg	32000 kg
<b>CARROCERÍA</b>		
TIPO DE CARROCERÍA	DA	DA

*Tabla 8 Características antes y después*

\*El tipo de vehículo se designa con 4 cifras, las dos primeras indican el criterio de construcción (semirremolque de MMA>10.000 kg) y las dos últimas el criterio de utilización (10 para plataforma y 17 para basculante).

### 3.4 DESCRIPCIÓN DE LA REFORMA

A continuación, se recogen los datos necesarios para que el emisor del informe de conformidad pueda evaluar el cumplimiento o no afectación de los Actos Reglamentarios obligatorios en cada Código de Reforma, haciendo mención expresa a cada elemento o sistema modificado o añadido. También se mencionarán las fases que se deberán seguir en el proceso de modificación. Además, se adjuntan los croquis aclaratorios en el ANEXO XVII del vehículo resultante.

#### 3.4.1 JUSTIFICACIÓN DE LOS ACTOS REGLAMENTARIOS

##### 3.4.1.1 DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA (DPT)

Por normativa, todos los vehículos deberán constar de este tipo de dispositivos en toda su anchura trasera para proteger a los vehículos de categorías M1 y N1 ante el empotramiento. Suelen estar formados por un travesaño horizontal y dos fijaciones a los largueros, modulares o no.

Cómo ya venía previamente atornillado en los largueros del vehículo, deberá reinstalarse asegurando que tras la instalación de la bañera basculante sigue cumpliendo con los requisitos de posición reflejados en el Reglamento CEPE/ONU 58.

Longitudinalmente se deberá asegurar que la distancia entre el borde posterior del DPT y el punto más atrasado del vehículo que esté por debajo de los 2 metros no será superior a 300mm.

En anchura respecto al vehículo no está afectado porque la restricción que se impone es que no podrá adentrarse más de 100 mm respecto a la superficie exterior de los neumáticos sin tener en cuenta las deformaciones que sufren cerca del suelo y no se ha modificado el tren de rodaje.

En altura la cara inferior del travesaño no dista más de 550mm.

Todas las longitudes quedan reflejadas en los croquis del ANEXO XVII.



*Ilustración 2 Dispositivo de protección trasera tipo Fuente: propia*

#### 3.4.1.2 EMPLAZAMIENTO DE LA MATRÍCULA POSTERIOR

Ambas matrículas se recolocan bajo las luces agrupadas correspondientes a los pilotos traseros debido a que su anterior anclaje es removido al eliminar la superestructura portante preinstalada. Con esta colocación no es necesario incorporar elementos luminosos extra debido a que los propios pilotos traseros los llevan incorporados.

. La matrícula del semirremolque (roja) se instala en el izquierdo, como se puede apreciar en la foto. La del vehículo tractor (blanca) se debe instalar en la parte derecha del plano longitudinal del vehículo, por lo tanto, irá bajo el piloto derecho. Ambas deben tener una visibilidad geométrica definida por el punto 1.2.1.5. del anexo II del Reglamento (UE) 1003/2010 que se adjunta en el ANEXO VII del trabajo.



*Ilustración 3 Posicionamiento de las matrículas. Fuente: propia*

### 3.4.1.3 PARÁSITOS RADIOELÉCTRICOS (COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA)

Se deberá comprobar que los elementos instalados en el vehículo no emitan perturbaciones electromagnéticas que puedan afectar al funcionamiento de cualquier dispositivo, unidad de equipo o sistema que funcione cerca del vehículo.

Cómo sólo se puede activar el mecanismo basculante con el vehículo inmovilizado y no forma parte de un sistema de acumulación de energía recargable que proporcione energía eléctrica para la propulsión eléctrica del vehículo (REESS), no existe riesgo de incumplir este AR.

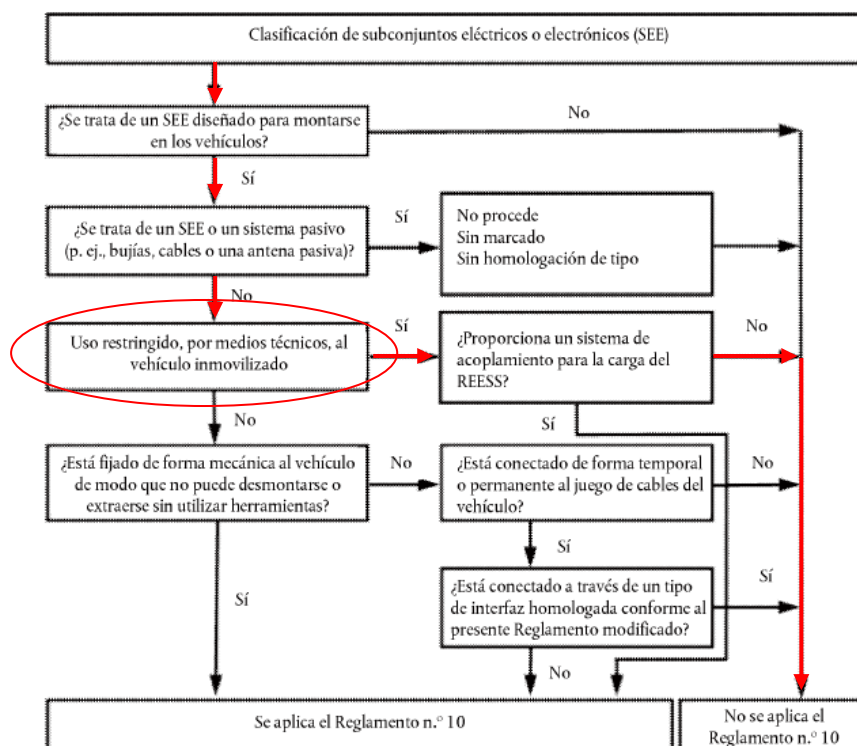


Ilustración 4 Punto 3.2.1 sobre criterios de aplicación del Reglamento CEPE/ONU 10

### 3.4.1.4 INSTALACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA

Todos los dispositivos nuevos instalados deberán estar homologados respecto a la reglamentación vigente. Así se asegura el cumplimiento de todos los AR referentes a especificaciones de los diferentes dispositivos.

El croquis de posicionamiento de los dispositivos se adjunta en el ANEXO XVII.

DISPOSITIVOS	TIPO DE LUZ	COLOR	Nº
Luces agrupadas traseras	Luz de posición trasera	R	2
	Luz de freno	R	2
	Luz indicadora de dirección	AA	2
	Luz marcha atrás	B	2
	Catadióptrico reflectante triangular	R	2
	Luz de posición lateral	R	2
	Catadióptrico reflectante lateral	AA	2
	Luz matrícula	B	
Luces agrupadas laterales	Luz de posición lateral	AA	6
	Catadióptrico reflectante	AA	6
Galibo delantero	Luz de galibo delantero	B	2
	Catadióptrico reflectante	B	2
Gálibo trasero	Luz de galibo trasero	R	2
	Catadióptrico reflectante	R	2

Tabla 9 Dispositivos de alumbrado y señalización

Nota aclaratoria: R: rojo AA: amarillo auto B: blanco

- Los dos **dispositivos de luces agrupadas traseras o pilotos traseros** se reposicionan tras realizar el chaflán de los largueros para no interferir con el mecanismo instalado. Estarán a 1,1 metros de altura respecto del suelo y a un metro horizontalmente de la última luz de posición lateral.



Ilustración 5 Luz agrupada trasera. Fuente: (8)

- Las **luces de galibo delanteras** (categoría AM) y **traseras** (categoría RM1), homologadas según el Reglamento CEPE/ONU nº7, se instalarán de modo que reflejen las nuevas dimensiones de la carrocería. Se colocarán respectivamente en la parte superior de la visera delantera y en las esquinas superiores del cierre trasero guardando simetría respecto al plano longitudinal del vehículo y nunca a más de 400mm de distancia de los planos que delimitan el contorno del vehículo en anchura y altura.



- Se colocará un **marcado de alta visibilidad posterior** homologado respecto el Reglamento CEPE/ONU nº3 de color rojo. Este deberá ser continuo y seguir la forma exterior lo más cerca posible de sus bordes.



*Ilustración 6 Marcado continuo de alta visibilidad trasero. Fuente: (9)*

- El **marcado de alta visibilidad lateral** anterior será sustituido por otro homologado respecto el Reglamento CEPE/ONU nº3 que defina las nuevas dimensiones. Será parcial de color amarillo auto abarcando más del 80% de la longitud total del vehículo y para delimitar las esquinas superiores se añaden dos líneas a 90 grados de una longitud mínima de 250mm.



*Ilustración 7 Ejemplo de colocación del marcado lateral de alta visibilidad. Fuente: (9)*

- Las **luces de posición laterales** no se modifican. Inicialmente se encuentran separadas entre si una distancia de 3 metros y a una altura respecto del suelo de 1,3 metros.

#### 3.4.1.5 PROTECCIÓN LATERAL

La protección previamente instalada no se modifica por no interferir con los elementos instalados. A demás, cómo no se modifica la anchura máxima del vehículo ni la disposición de ejes y King ping, estos dispositivos de protección seguirán cumpliendo las características necesarias.



*Ilustración 8 Dispositivo de protección lateral. Fuente: (10)*

#### 3.4.1.6 SISTEMAS ANTIPROYECCIÓN

Consta de un sistema de guardabarros independientes con sus correspondientes faldillas posteriores y dispositivos antiproyección, atornillados al alma de los largueros y que no interfiere con los dispositivos instalados, por lo que no se modifica su posición ni funcionalidad.



*Ilustración 9 Anclaje de los sistemas antiproyección. Fuente: (11)*

#### 3.4.1.7 MASAS Y DIMENSIONES

Se justifica en el punto 4.



#### 3.4.1.8 ESTABILIDAD CONTRA EL VUELCO DE VEHÍCULOS CISTERNA

El Reglamento CEPE/ONU 111R *que regula la estabilidad contra el vuelco de vehículos cisterna de las categorías N2, N3, O3 y O4 diseñados para el transporte de mercancías peligrosas, de acuerdo con la definición de los mismos en los acuerdos europeos sobre el transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera o ADR (8)* no afecta a nuestro vehículo debido a que no está clasificado ni como vehículo cisterna ni para el transporte de mercancías peligrosas.

#### 3.4.2 DESMONTAJES REALIZADOS

Se desinstalará la carrocería previamente instalada correspondiente a la plataforma de carga dejando libre la estructura del chasis de manera que se puedan realizar los trabajos de la reforma. Esta plataforma consta de una superficie de carga formada por tableros de contrachapado que reposan sobre travesaños de sección IPN y delimitados por cuatro perfiles de cierre en forma de U.

No se deberá afectar a ninguno de los elementos que permanezcan tras la reforma como conductos hidráulicos, suspensión, guardabarros, etc.

#### 3.4.3 VARIACIONES Y SUSTITUCIONES

Al vehículo se le realizan las siguientes variaciones y sustituciones:

- Sustitución de la plataforma de carga por una bañera basculante
- Acortamiento de los largueros en la parte del voladizo trasero creando un chaflán que conlleva modificar la colocación de la protección trasera y lucernario, para que el sistema bascule funcione sin interferir con ningún elemento.
- Reubicación de las luces de gálibo para delimitar la nueva silueta del vehículo posicionándolas en las esquinas superiores de la bañera.
- Colocación del marcado de alta visibilidad delimitando la nueva forma del vehículo.

#### 3.4.4 MATERIALES EMPLEADOS

Los materiales empleados en la reforma y más concretamente aquellos que intervienen directamente en su seguridad son:

Tornillos métrica M14:

CALIDAD	M 8.8
RESISTENCIA ÚLTIMA A TRACCIÓN	830MPa
TENSIÓN LÍMITE ELÁSTICIDAD	660 MPa
DIÁMETRO	14mm

Tabla 10 Características tornillos

### 3.4.5 MONTAJES REALIZADOS

Tras desinstalar los componentes mencionados, se monta:

- Una bañera de obra de aluminio de 1230 kg de peso.
- Sistema basculante formado por un actuador hidráulico y su depósito de alimentación, que proporciona una inclinación máxima de 40°. Conjuntamente se instalan los cabezales y conductos que permiten conectar el sistema con la cabeza tractora.
- Anclajes del cilindro hidráulico que se fijan a dos perfiles en UPN situados como refuerzos del King-pin por medio de 16 tornillos M14 de calidad 8.8.
- Dos sistemas de pivote o bisagras fijadas al alma superior por medio de 6 tornillos M14 de calidad 8.8 cada una que permiten pivotar la bañera respecto del chasis.

La disposición se realizará como aparece en la imagen siguiente. Así se evitará interferir en los elementos previamente instalados en el semirremolque: elementos de iluminación, sistemas de protección lateral y sistemas antiproyección formados por guardabarros individuales.



*Ilustración 10 Ejemplo del montaje del semirremolque basculante. Fuente: (13)*

#### 3.4.5.1 UNIONES ATORNILLADAS

Todos los elementos se fijan por medio de tornillos de alta resistencia M14 y calidad 8.8 montados con arandelas de seguridad a ambos lados autoblocantes y tuercas de seguridad sin pretensar. Se calculan en el apartado 4.

## 4 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

A continuación, se exponen los resultados obtenidos con el fin de justificar que el vehículo cumple con la normativa y su uso es seguro.

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CARGA

Los cálculos de esta sección se recogen en el ANEXO IX.

#### 4.1.1 LONGITUD MÁXIMA

Se debe tener en cuenta que para el funcionamiento del sistema hidráulico se requiere un depósito adicional para el líquido que accionará el actuador. Este se coloca en el frente del semirremolque para obtener la máxima longitud de carga ocupando toda la anchura y medio metro longitudinalmente. La distancia de separación entre la bañera basculante y el depósito será mínima de medio metro horizontalmente, como así recomienda el carrocer. Por lo tanto, queda una superficie de 7000 mm libre. A demás, y si fuese necesario, se podría modificar la longitud del voladizo trasero para aumentar su plataforma de carga.

#### 4.1.2 CARGA ÚTIL

Esta será la carga que podrá transportar el semirremolque y se obtiene restando la tara y la masa del depósito hidráulico a la MMA del vehículo.

$$Q = MMA - T - Dep = 24000 + 5000 - 4500 - 200 = 24300 \text{ kg}$$

#### 4.1.3 DISTANCIA ENTRE EJES TÉCNICA

Para estudiar nuestro sistema hiperestático de cuatro apoyos primero deberemos simplificarlo a uno que podamos analizar. Al tener dos ecuaciones que son sumatorio de fuerzas en el eje de ordenadas y los momentos, debemos obtener un sistema isostático equivalente. Recurrimos a la distancia entre ejes técnica que nos permitirá determinar la posición de la carga añadida sobre el grupo de ejes.

$$d_{et} = 4,75 \text{ m}$$

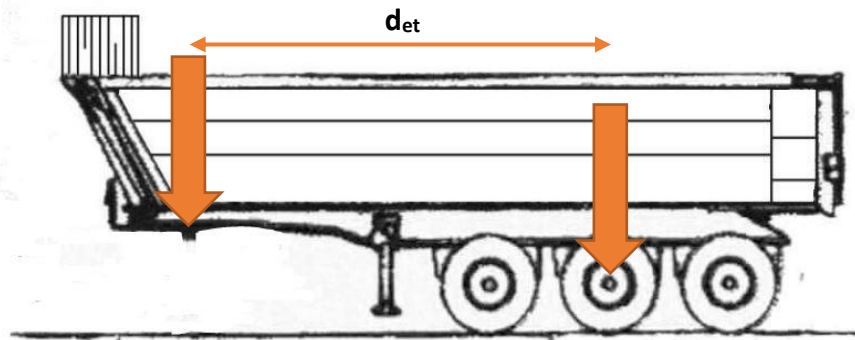


Ilustración 11 Representación de los puntos de apoyo del sistema equivalente. Fuente: (13)

#### 4.1.4 POSICIONAMIENTO DE LA CARGA

Se estudia el efecto de las diferentes cargas en nuestro sistema equivalente de dos apoyos separados por una distancia entre ejes técnica de 4,75 metros para obtener la carga máxima admisible por grupo de ejes.

TIPO DE CARGA	KING-PIN	GRUPO TRIDEM
MMA POR GRUPO	5000 kg	24000 kg
TARA INICIAL ( $T_d, T_t$ )	473,69 kg	4026,31 kg
DEPÓSITO HIDRÁULICO ( $R_{dep_d}, R_{dep_t}$ )	189,48 kg	10,52 kg
CARGA MÁXIMA ADMISIBLE ( $R_{Q_t}, R_{Q_d}$ )	4336,83 kg	19963,17 kg
CARGA UTIL( $Q$ )	24300 kg	
CARGAS TOTALES AÑADIDAS ( $R'_d, R'_t$ )	4526,31 kg	19973,69 kg

Obtenida esta, se puede determinar la distancia a la que se debe colocar el centro de gravedad de  $Q$  para que los ejes estén cargados al máximo sin sobrepasar los límites que establece la normativa.

Esta distancia  $d_Q$  resulta de 3902,26 milímetros respecto del King-pin.

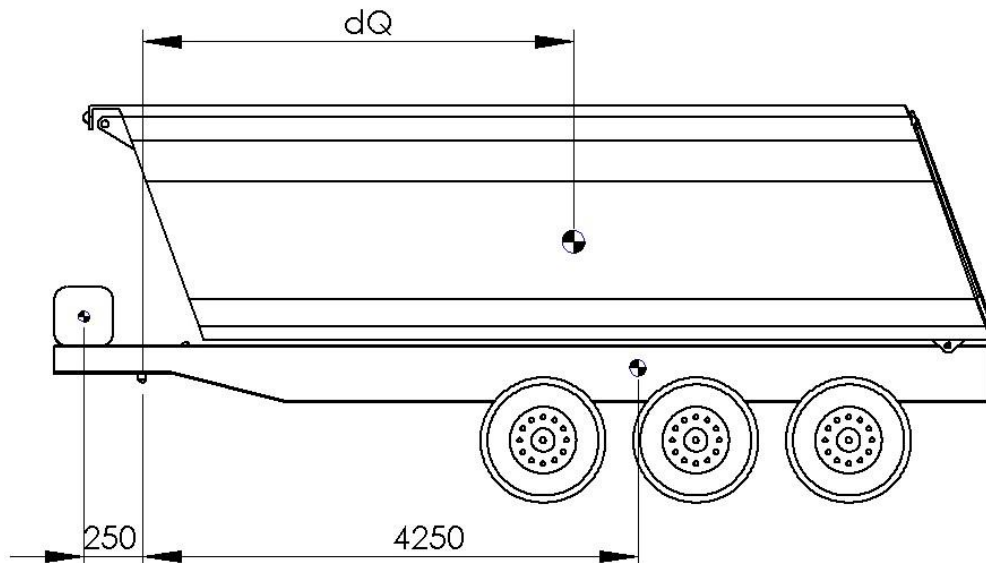


Ilustración 12 Centros de gravedad Fuente: propia

## 4.2 REPARTO DE LA CARGA POR REASIGNACIÓN DE TARAS

Una vez determinadas las reacciones totales en los dos grupos de ejes se procede a calcular las solicitaciones en cada eje. Se utiliza este método porque inicialmente conocemos las taras reales por grupo de ejes y no la de cada eje en particular.

Este sistema consiste en repartir las cargas de forma proporcional a su MMA y sus resultados son:

Tipo	King-pin	2º eje	3º eje	4º eje
Tara	473,69 kg	1342,10 kg	1342,10 kg	1342,10 kg
Carga	4526,31 kg	6657,89 kg	6657,89 kg	6657,89 kg
Total	5000 kg	24000 kg		

Tabla 11 Reparto de cargas

Con esta disposición se comprueba que cumple con la normativa y en ningún caso excederá los límites impuestos por la MMA.

## 4.3 DIMENSIONADO DE LA BAÑERA

La longitud de la bañera vendrá condicionada por la posición de su centro de gravedad, situado a 4250mm del King-pin. El carroceros la fabrica de manera que este se sitúa en el centro geométrico. Por lo tanto, la longitud máxima sin alargar el chasis es de 7,5 metros. Esta se puede aproximar a la forma de un paralelepípedo de 700x2000x2400 mm y con sus cierres delantero y trasero a 70º respecto de la horizontal.

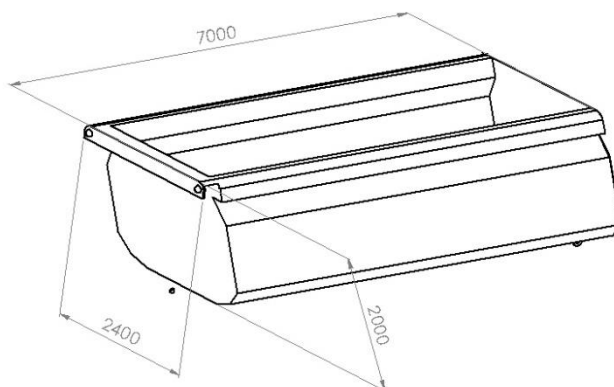


Ilustración 13 Dimensiones bañera. Fuente: propia

Está fabricada en aluminio y con una forma de U que permite una mayor resistencia estructural.

Bañera aluminio	
Longitud	7500 mm
Anchura máxima	2400 mm
Altura	2000 mm
Peso total	1230 kg
Voladizo trasero	365 mm
Distancia entre puntos de anclaje al chasis	6540 mm
Distancia entre puntos de anclaje del actuador	2020 mm
Inclinación de cierres delantero y trasero respecto la horizontal	70º

Tabla 12 Características bañera de aluminio

## 4.4 CÁLCULO DE LAS REACCIONES DE LA BAÑERA

En este apartado se calculan las reacciones que soportan los apoyos de la bañera y que se transmiten al chasis. Estos apoyos son 3, las dos bisagras traseras y el anclaje de al actuador hidráulico. Se sigue el esquema de puntos que aparece a continuación.

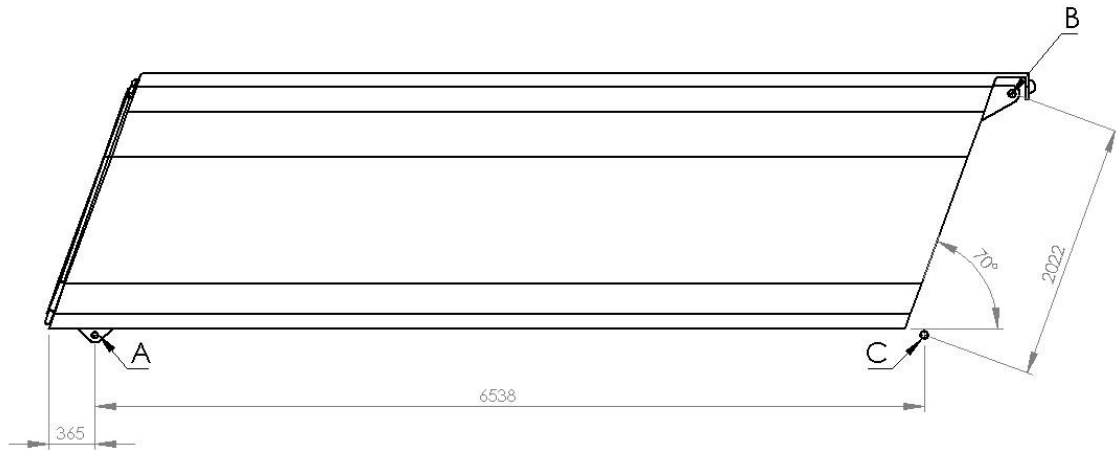


Ilustración 14 Esquema de los puntos de la bañera Fuente: propia

Se evalúa todo el recorrido, desde la posición horizontal hasta el ángulo de inclinación máximo de 40 grados para averiguar las solicitaciones máximas que se producen en los apoyos. Estos cálculos se realizan a través de un programa de cálculo informatizado (EES) y se modelizan en función del ángulo alfa. El sistema de ecuaciones completo y las tablas paramétricas se adjuntan en ANEXO X.

Para el desarrollo se ha utilizado la carga útil en el centro de gravedad de la bañera.

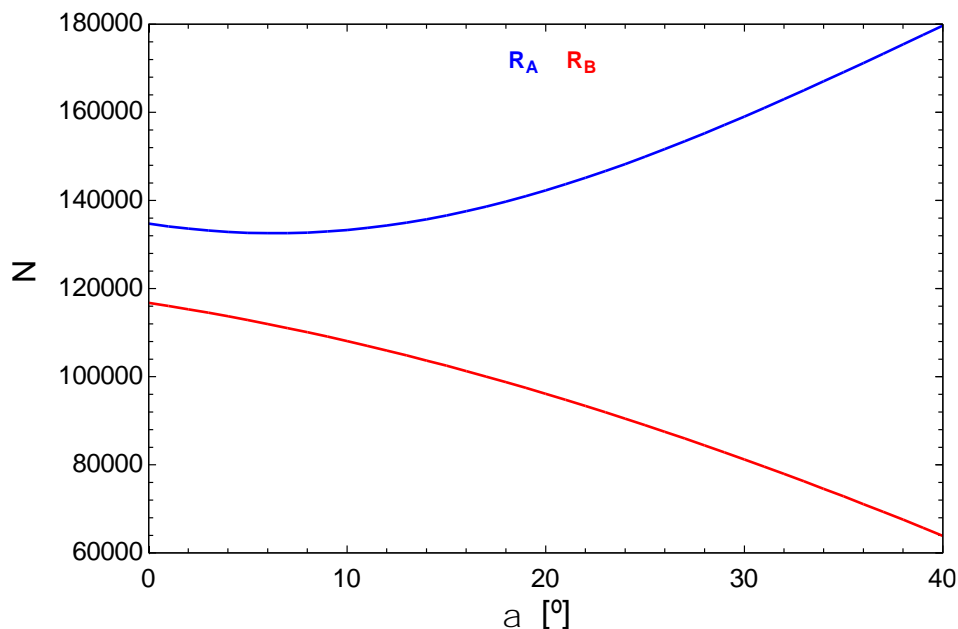


Ilustración 15 Reacciones en apoyos de bañera Fuente: propia

Los valores máximos totales son:

ÁNGULO	APOYO A	APOYO B
0°	134732 N	116744 N
40°	179699 N	63869 N

Tabla 13 Esfuerzos máximos en apoyos de bañera

## 4.5 DIMENSIONADO DEL ACTUADOR HIDRÁULICO

El mecanismo basculante está compuesto por un solo cilindro hidráulico de acción directa, esto quiere decir que el actuador transmite la fuerza al chasis del vehículo y a la bañera basculante sin ningún mecanismo intermedio por lo que las reacciones de la bañera en el punto C serán las que el cilindro deberá superar para bascular el sistema.

En su posición horizontal, la estructura de la bañera reposa sobre los largueros del chasis transmitiendo un esfuerzo uniformemente repartido, sin que el cilindro soporte ningún tipo de esfuerzo. En cualquier otra posición, la carga se ejercerá sobre dos puntos de la estructura (A y C), las bisagras de la bañera y el bulón de rotación del actuador respectivamente.

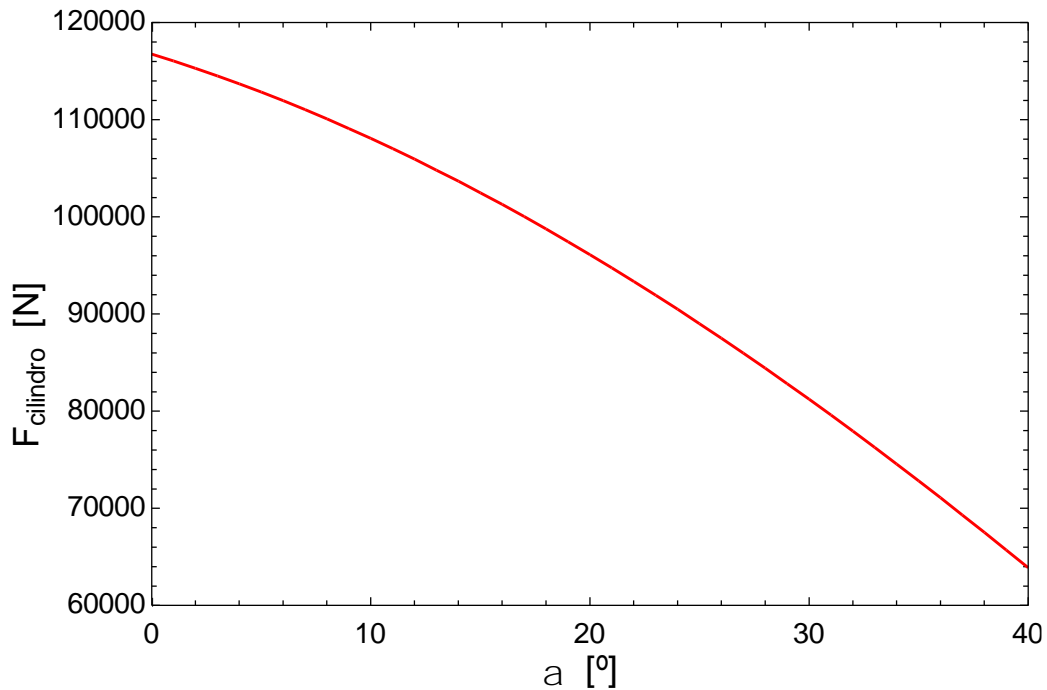


Ilustración 16 Esfuerzos en cilindro hidráulico Fuente: propia

La posición más desfavorable, y por tanto, la que se utiliza para dimensionar el actuador, es con la bañera horizontal, justo cuando empieza a bascular.

Fuerza máxima ejercida por el cilindro	116744 N (11,9 toneladas)
--	---------------------------

Para obtener la longitud mínima y máxima del actuador se analiza el sistema en las posiciones con el ángulo de inclinación ( $\alpha$ ) mínimo (0 grados) y máximo (40 grados) obteniendo:

- Longitud mínima deberá ser inferior a 2 metros.
- Longitud máxima deberá ser mayor o igual a 6,495 metros.

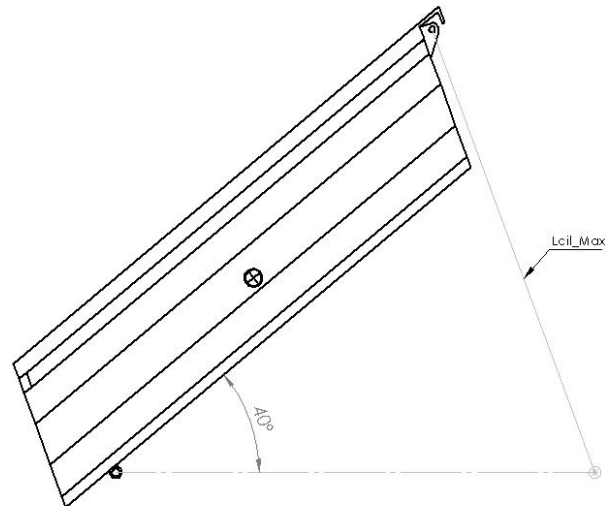


Ilustración 17 Inclinación máxima de 40 grados. Fuente: propia

Siguiendo las características calculadas se elige un cilindro telescópico de la marca HYVA con referencia FE A169-5-06830-011-K1669\*700 de 5 extensiones. La ficha del fabricante se adjunta en el ANEXO XI.

FE A169-5-06830-011-K1669*700	
Longitud máxima	6830 mm
Fuerza de empuje	30-48 toneladas
Peso	257 kg
Volumen de líquido	94 L
Carga máxima inicio de carrera	96996 N (9,88746 ton)
Carga máxima final de carrera	54352 N (5,54 ton)

Tabla 14 Características actuador hidráulico. (14)



## 4.6 ESFUERZOS EN EL BASTIDOR

El bastidor es la estructura compuesta por largueros y travesaños en los que se fijan los diferentes elementos que conforman el vehículo. La estructura resistente principal de los semirremolques tradicionalmente está formada por dos largueros con una sección en forma de doble T. Estos a su vez están constituidos por dos llantas, superior e inferior y el alma que se sueldan. Suelen ser cortadas por plasma y tecnología CNC, que permite variar la sección del alma para poder ajustarse a los esfuerzos a los que están sometidos. Los cálculos referentes a estos se encuentran en el ANEXO XII.

La metodología principalmente usada para reforzar estos largueros consiste en la adición de nervios y cartabones entre las almas en las zonas críticas.

En este apartado se analizan los esfuerzos que soportan los largueros individualmente, debido a la simetría serán los mismos esfuerzos para ambos. Se han analizado tres configuraciones, en orden de marcha, y con la bañera en los dos extremos del recorrido recogiendo los cálculos en el ANEXO XIII.

Las características de los largueros son las siguientes

<b>MATERIAL</b>	Acero S275 JR	
<b>Límite elástico mínimo</b>	275 N/mm <sup>2</sup>	
<b>Módulo elástico</b>	210000 N/mm <sup>2</sup>	
<b>Densidad</b>	7850 kg/m <sup>3</sup>	
<b>SECCIÓN (base x altura) [mm]</b>	<b>CUELLO</b>	<b>CUERPO</b>
<b>Alma</b>	5x210	4x462
<b>Llanta superior</b>	140x10	140x8
<b>Llanta inferior</b>	140x10	140x8

Tabla 15 Características largueros

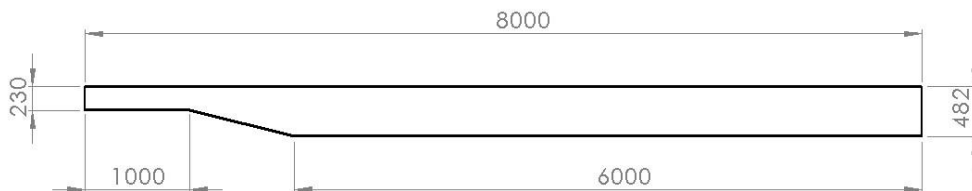


Ilustración 18 Croquis larguero. Fuente: propia

Realizando las operaciones pertinentes se obtienen las áreas y las inercias del cuello y del cuerpo:

<b>SECCIÓN</b>	<b>CUELLO</b>	<b>CUERPO</b>
<b>Área</b>	3500 mm <sup>2</sup>	4088 mm <sup>2</sup>
<b>Inercia</b>	3,776E <sup>7</sup> mm <sup>4</sup>	1,566E <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>

Tabla 16 Áreas e inercias largueros

#### 4.6.1 CONFIGURACIÓN DE CIRCULACIÓN

La metodología utilizada en los tres subapartados siguientes se recoge en el ANEXO XIII ANEXO XI para las reacciones en los ejes y en el ANEXO XIV para el cálculo de los diagramas de esfuerzos.

En esta posición la bañera reposa sobre los largueros produciendo una fuerza distribuida constante en toda su longitud

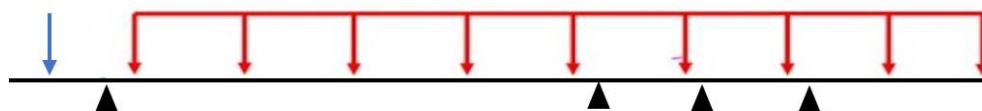


Ilustración 19 Sistema de fuerzas para orden de marcha. Fuente: propia

Para evaluar los esfuerzos a los que está sometido el chasis cuando la bañera está en posición de circulación y poder obtener los diagramas de cortantes y momentos flectores se calcula el sistema siendo los resultados:

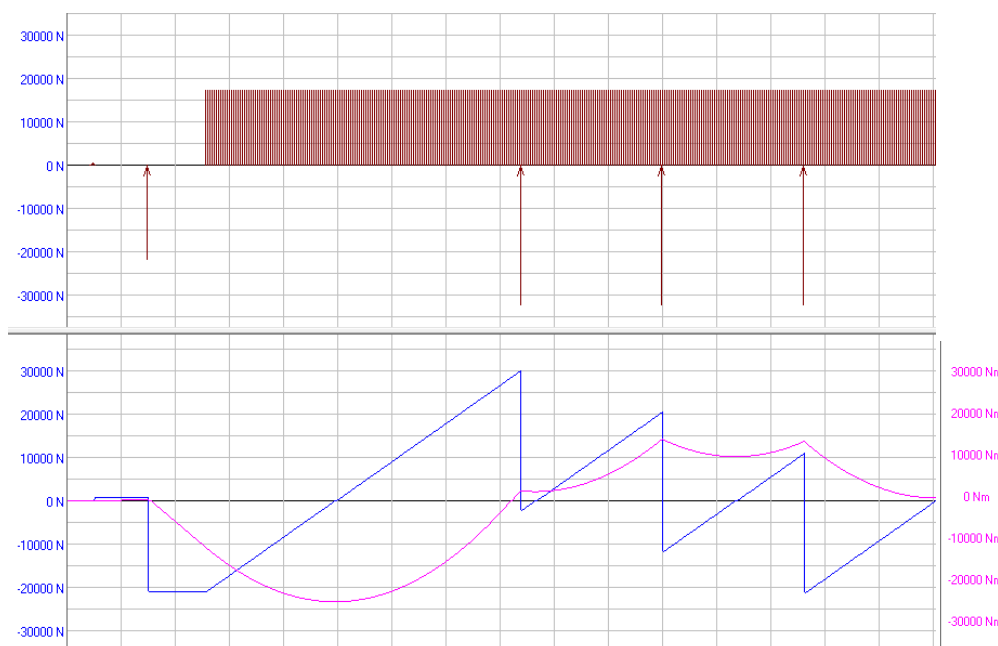


Ilustración 20 Diagramas de esfuerzos en orden de marcha. Fuente: Software Atlas (15)

SECCIÓN	Cortante máx.	x	Momento flector máx.	x
Cuello	21221 N	0,75-1 m	4900	1 m
Cuerpo	30213 N	4,19 m	23449 N·m	2,48 m

Tabla 17 Esfuerzos en largueros, marcha

A demás la sección es conocida, por lo tanto, se calcula el coeficiente de seguridad y el esfuerzo cortante máximos.

$$\sigma_{x_{max}} = \pm \frac{M_z}{I_z} \cdot y_{max} \quad \tau_{xy_{max}} = \frac{V_{max}}{A_{alma}} (e \sim 1 - 5\%) \quad C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{x_{max}}}$$

SECCIÓN	$\sigma_{x_{max}}$	C.S.	$\tau_{xy_{max}}$
Cuello	14,92 N/mm <sup>2</sup>	18,43	20,21 N/mm <sup>2</sup>
Cuerpo	35,79 N/mm <sup>2</sup>	7,684	35,79 N/mm <sup>2</sup>

Tabla 18 Coeficientes de seguridad, marcha

#### 4.6.2 BAÑERA AL INICIO DE SU RECORRIDO

Para esta configuración el chasis trabaja bajo compresión, cortante y flexión. Debido a que las fuerzas no actúan en el centro de gravedad de la viga, sino que están desplazadas una distancia de 100 milímetros de la llanta superior, se generan unos momentos en los puntos de apoyo.

Los diagramas de esfuerzos obtenidos son los siguientes:

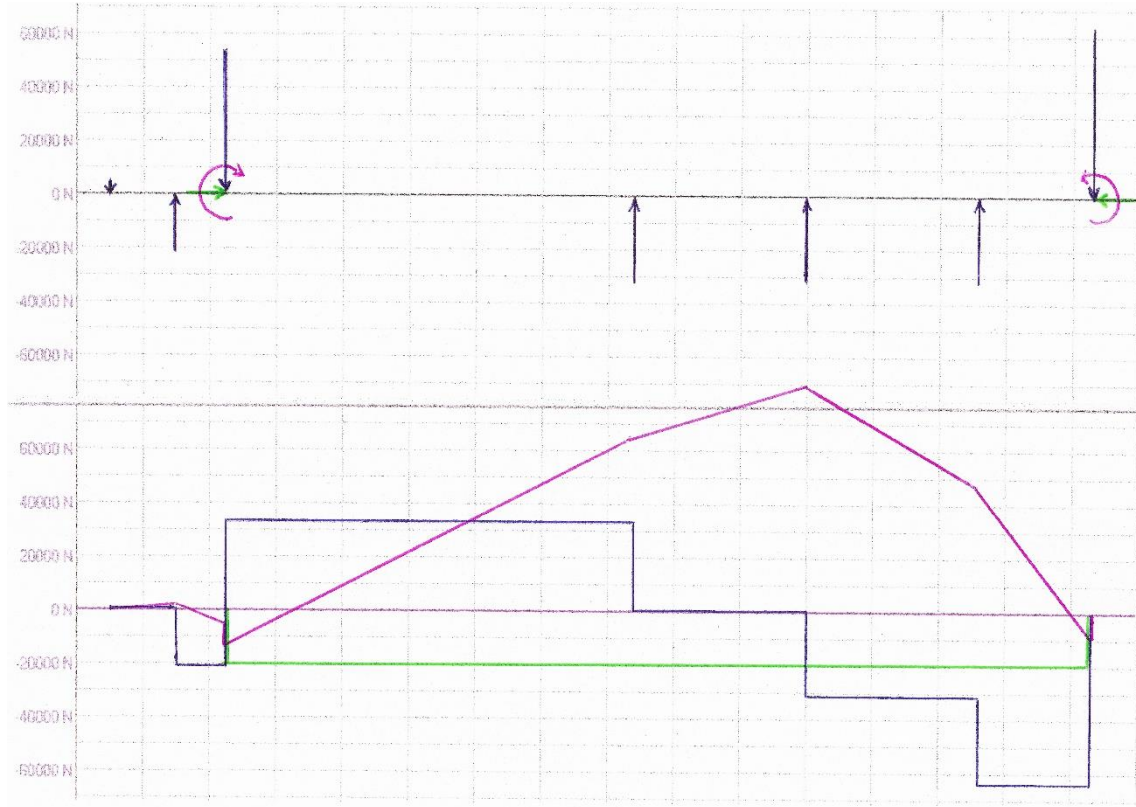


Ilustración 21 Diagramas de esfuerzos inclinación mínima. Fuente: propia

SECCIÓN	Axil máx.	x	Cortante máx.	x	Momento flector máx.	x
Cuello	0 N	0-1 m	21425 N	0.75-1 m	4866 N·m	1 m
Cuerpo	19965 N	1,12-8 m	64339 N	6,81-7,62 m	89594 N·m	5,5 m

Tabla 19 Esfuerzos en largueros, 0º

$$\sigma_{x_{max}} = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{I_z} \cdot y_{max} \quad \tau_{xy_{max}} = \frac{V_{max}}{A_{alma}} (e \sim 1 - 5\%) \quad C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{x_{max}}}$$

SECCIÓN	$\sigma_{x_{max}}$	C.S.	$\tau_{xy_{max}}$
Cuello	14,82 N/mm <sup>2</sup>	18,55	20,4 N/mm <sup>2</sup>
Cuerpo	140,3 N/mm <sup>2</sup>	1,96	34,82 N/mm <sup>2</sup>

Tabla 20 Coeficientes de seguridad, 0º

### 4.6.3 BAÑERA AL FINAL DE SU RECORRIDO

En esta situación, al igual que en la anterior, aparecen unos momentos generados por la excentricidad de las reacciones de la bañera. Tras resolver los sistemas de equilibrio de fuerzas y momentos se observa que, la reacción en el King-pin cambia de sentido. Esto refleja que en el supuesto de que la carga no deslize el semirremolque, este podría llegar a volcar. De hecho, la mayoría de estos vehículos prohíben bascular la carga si se observa que esta no comienza a deslizar.

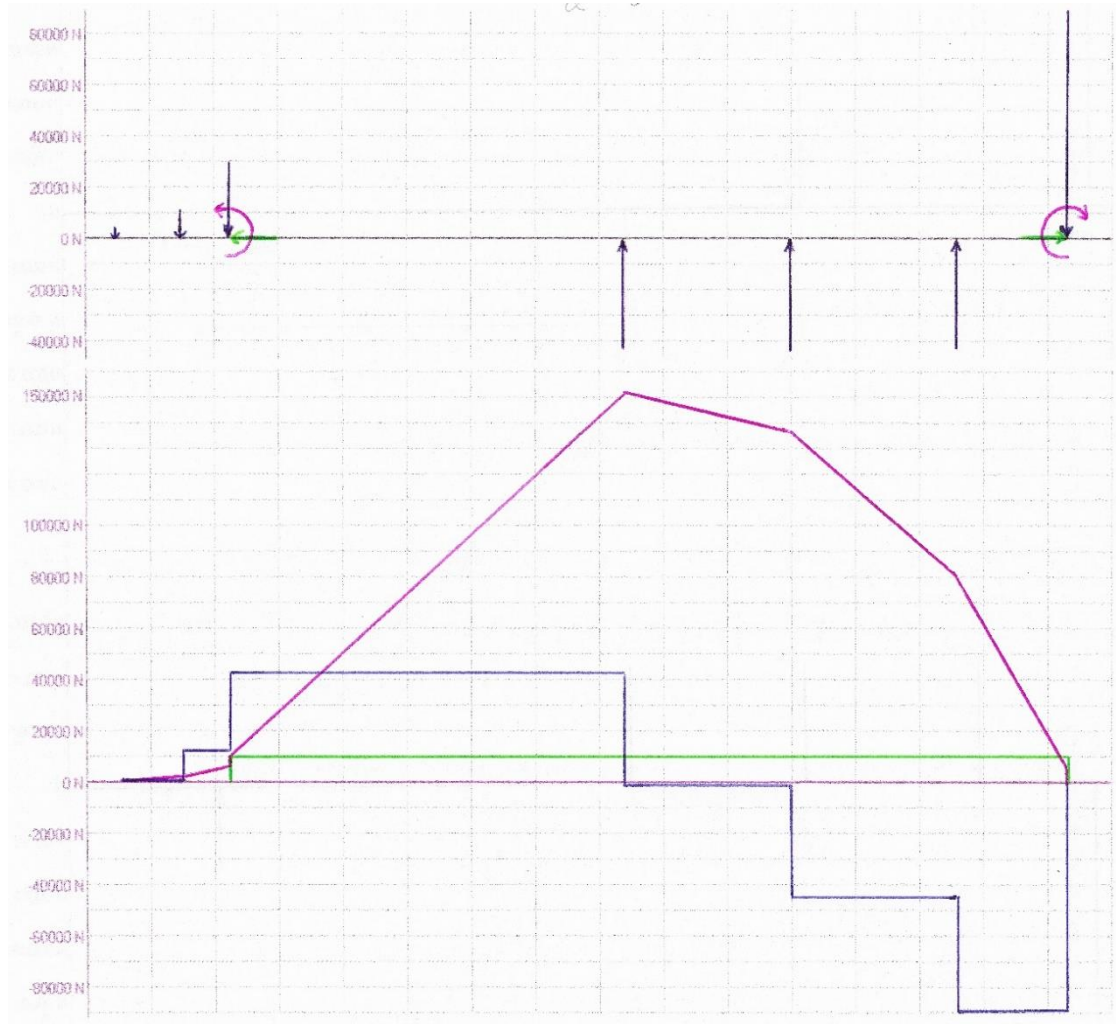


Ilustración 22 Diagramas de esfuerzos inclinación máxima. Fuente: propia

SECCIÓN	Axil máx.	x	Cortante máx.	x	Momento flector máx.	x
Cuello	0 N	0-1 m	12781 N	0.75-1 m	2214 N·m	1 m
Cuerpo	10922 N	1,12-8 m	89183 N	6,81-7,62 m	152040 N·m	4,19 m

Tabla 21 Esfuerzos en largueros, 40º

$$\sigma_{x_{max}} = \frac{N_x}{A} + \frac{M_z}{I_z} \cdot y_{max} \quad \tau_{xy_{max}} = \frac{V_{max}}{A_{alma}} (e \sim 1 - 5\%) \quad C.S. = \frac{\sigma_e}{\sigma_{x_{max}}}$$

SECCIÓN	$\sigma_{x_{max}}$	C.S.	$\tau_{xy_{max}}$
Cuello	6,743 N/mm <sup>2</sup>	40,78	12,17 N/mm <sup>2</sup>
Cuerpo	234,7 N/mm <sup>2</sup>	1,17	48,26 N/mm <sup>2</sup>

Tabla 22 Coeficientes de seguridad, 40º

## 4.7 CÁLCULO DE LOS ELEMENTOS DE SUJECCIÓN

Con los esfuerzos máximos del apartado anterior se procede a dimensionar los elementos de sujeción que asegurarán la bañera al chasis adjuntando todos los cálculos en el ANEXO XVANEXO XV.

Los tornillos preseleccionados son M14 de la clase 8.8 media rosca con las características siguientes:

$A_\tau$	153,938 mm <sup>2</sup>	$\tau_{adm} = 429 \text{ N/mm}^2$
$A_\sigma$	96 mm <sup>2</sup>	$\sigma_{adm} = 1220 \text{ N/mm}^2$

Tabla 23 Áreas tornillos solicitadas

### 4.7.1 VISAGRAS

Está compuesto por dos elementos idénticos que se atornillan al alma superior del larguero y a la parte inferior de la bañera. La placa atornillada es del mismo espesor que la llanta, 8mm.

Se analizan los esfuerzos estáticos al que estarán sometidos los tornillos, cortadura y aplastamiento del vástago y los dinámicos, provocados por el frenado de emergencia del vehículo en el cual se evalúa una desaceleración de 10m/s<sup>2</sup>. Estos últimos para una masa igual a la capacidad de carga del semirremolque debido a que el actuador hidráulico no soporta estos esfuerzos

El valor máximo de la fuerza estática es de 39929 newton coincidiendo con el momento en el que la bañera empieza a bascular.

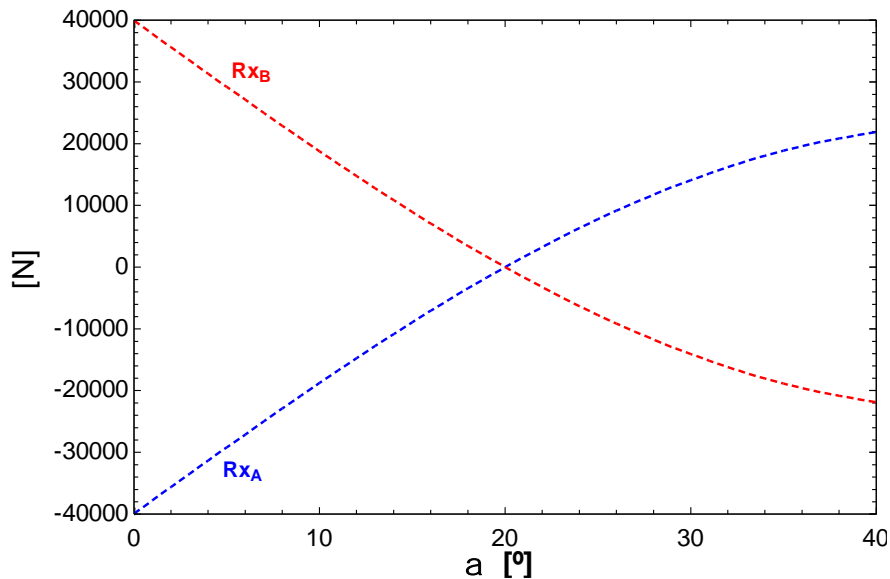


Ilustración 23 Esfuerzo cortante del apoyo bisagra. Fuente: propia

En la gráfica se observa que para un ángulo de 20 grados las fuerzas en el eje x cambian de dirección pasando de traccionar el chasis a comprimirlo. Esto se debe a que el actuador cambia de inclinación.

Se analiza la unión considerando que los tornillos no están pretensados, que no existe un rozamiento entre las caras del acero y que el esfuerzo cortante actúa sobre el centroide de la unión.

		Número mínimo de tornillos
Estudio estático	Fallo a cortante	0,62
	Fallo por aplastamiento	0,46
Estudio dinámico	Fallo a cortante	3,68
	Fallo por aplastamiento	2,84

Tabla 24 N° tornillos bisagra

Para trabajar con un coeficiente de seguridad de 3 se deberán instalar un total de 12 tornillos del tipo descrito para evitar que falle a cortante en los esfuerzos dinámicos.

Se instalarán 6 tornillos por soporte alineados de 3 en tres teniendo en cuenta la separación con los bordes como se indica en el croquis:

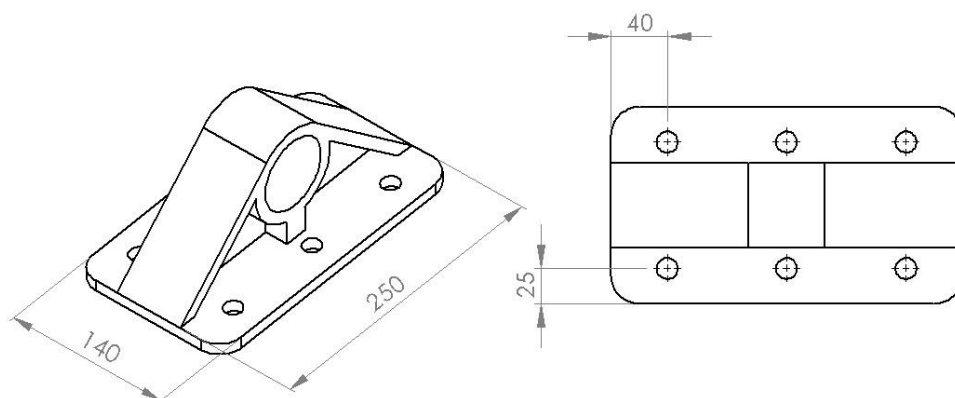


Ilustración 24 Croquis bisagra posicionamiento taladros. Fuente: propia

#### 4.7.2 ACTUADOR HIDRÁULICO

En este apartado se suprimen los cálculos dinámicos, abordando únicamente los estáticos de cortadura y aplastamiento debido a que por diseño toda la carga estática recae sobre las bisagras cómo ya se ha expuesto en el apartado anterior.

Esfuerzos de cortadura:

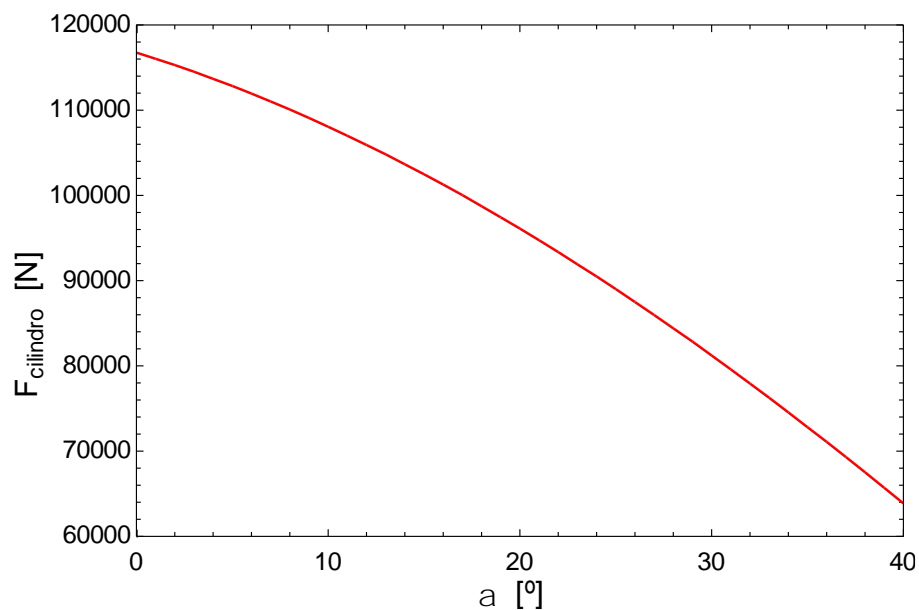


Ilustración 25 Esfuerzos sobre soportes del actuador. Fuente: propia

El esfuerzo máximo es de 116744 newton.

Esta sujeción está prediseñada por el fabricante del actuador hidráulico y su ficha de características se adjunta en el ANEXO XVI. Los cálculos centrarán en verificar que resistirá a los esfuerzos sometidos.

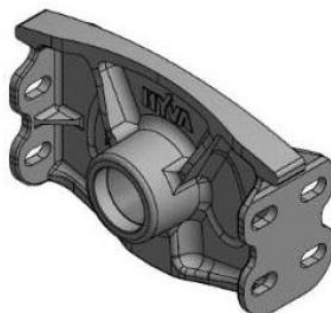


Ilustración 26 Anclaje chasis-actuador FC-FE 147. Fuente: (14)

Se instalan dos anclajes de este tipo, uno a cada lado del actuador. Estos están anclados a dos perfiles en UPN 180 de espesor 8 mm que actúan como refuerzo de la chapa King-pin como se muestra en el ANEXO XVII. Toda la fuerza recaerá sobre 16 tornillos, 8 por apoyo, M14 de la clase 8.8 media rosca.

		Coeficiente de seguridad
Estudio estático	Fallo a cortante	9,05
	Fallo por aplastamiento	11,7

Tabla 25 Nº tornillos cilindro

## 5 CONCLUSIÓN

Tras finalizar el trabajo, la conclusión clara es que reformar un semirremolque, que anteriormente se destinaba al transporte sobre una superficie de carga horizontal a una bañera basculante, es viable en cuanto a requisitos técnicos y normativos se refiere.

En el trabajo se plasma una mínima parte del contenido total afectado, la más práctica y la que realmente se debe tener en cuenta a la hora de justificar el proyecto técnico sobre la reforma de este vehículo.

La continuación natural de este TFG es la realización de las partes restantes, pliego de condiciones, planos, certificado de dirección final de obra e informe de conformidad, para completar el proyecto técnico y de esta forma obtener un texto válido y de carácter legal apto para tramitar la reforma y poder llevarla a cabo.

Como opinión personal, al verlo acabado parece que ha sido coser y cantar y que estas hojas se han rellenado poco más que leyendo algo sobre normativas aplicadas a las reformas, o eso era lo que pensaba antes. La curva de aprendizaje ha sido lenta debido a la inexperiencia y a la cantidad de bibliografía en forma de reglamentos y normas involucradas, las cuales se modifican entre sí y están en constante cambio, y eso que esto es una mínima parte dedicada a una categoría de vehículos. Lo que me ha resultado más complicado ha sido diferenciar entre normativa nacional y europea y saber cómo se relacionan. Tras dos meses bastante perdido y con ayuda del tutor comencé a enfocar el trabajo por la línea que ha seguido hasta hoy.

El trabajo se ha realizado en dos fases bastante diferenciadas:

- Recolectar todos los textos normativos involucrados y seleccionar aquellas partes que afectaban al tipo de vehículo estudiado, entenderlo, resumirlo y plasmarlo lo más concisamente posible.
- Realizar los cálculos necesarios expresados en el apartado 4 y desarrollados en los anexos basados principalmente en cálculo y diseño de máquinas y en resistencia de materiales.



## 6 BIBLIOGRAFÍA

1. *Real Decreto 750/2010, de 4 de junio, por el que se regulan los procedimientos de homologación de vehículos de motor y sus remolques, máquinas autopropulsadas o remolcadas, vehículos agrícolas, así como de sistemas, partes y piezas de dichos vehículos.* BOE núm. 153, de 24 de junio de 2010.
2. *Real Decreto 736/1988, de 8 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de importancia de vehículos de carretera y se modifica el artículo 252 del Código de la Circulación.* BOE núm. 170, de 16 de julio de 1988, páginas 22004 a 22007.
3. Directiva 2007/46/CE. *Del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de septiembre de 2007.*
4. *Real Decreto 866/2010, de 2 de julio, por el que se regula la tramitación de las reformas de vehículos.* BOE núm. 170, de 14 de julio de 2010.
5. Manual de Reformas de Vehículos. *Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.* 5ª versión, 2019.
6. *Real Decreto 2822/1998, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento General de Vehículos.* BOE núm. 22, de 26 de enero de 1999.
7. *Reglamento (CE) N o 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de julio de 2009.* Relativo a los requisitos de homologación de tipo referentes a la seguridad general de los vehículos de motor, sus remolques y sistemas, componentes y unidades técnicas independientes a ellos destinados.
8. <https://www.suitron.com>.
9. <https://www.granalú.com>.
10. <https://www.ancosev.org>.
11. <https://talleresroble.com/images/meiller-distribuidor-oficial/catalogo/catalogo-semirremolque-basculante-meiller.pdf>.
12. *Reglamento CEPE/ONU 111R.*
13. <https://www.rojotrailer.com/descargas2/postventa/2019/Manual-de-Usuario-Basculantes.pdf>.
14. <https://www.hyva.com/globalassets/product-catalog-images/01.tipping/tipping-brochures/fe-cylinders/70546556.pdf>.
15. <http://rm.etsii.upm.es/software.htm>.
16. *Reglamento 7 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE).*
17. *Reglamento 48 de la Comisión económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE).*
18. *Reglamento 58 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE).*
19. *Reglamento 10 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (CEPE).*
20. *Reglamento (UE) n ° 1230/2012 de la Comisión, de 12 de diciembre de 2012, por el que se desarrolla el Reglamento (CE) n ° 661/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a los requisitos de homologación de tipo relativos a las masas y di.*
21. *Directiva 97/27/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de julio de 1997 relativa a las masas y dimensiones de determinadas categorías de vehículos de motor y de sus remolques y por la que se modifica la Directiva 70/156/CEE.*
22. <https://ingemecanica.com>.
23. Ariño, Santiago Baselga. *Manual teórico sobre reformas de vehículos.* s.l. : Kronos, 2ª ed, mayo 2018.
24. <https://www.zamarbu.com/semirremolques-basculantes/basculante-aluminio-curvo-aridos-asfalto/>.

## ANEXOS

## ANEXO I

### DEFINICIONES

**Semirremolque:** vehículo no autopropulsado diseñado y concebido para ser acoplado a un automóvil, sobre el que reposará parte del mismo, transfiriéndole una parte sustancial de su masa (6).

**Vehículo articulado:** automóvil constituido por un vehículo de motor acoplado a un semirremolque (6).

**Manual de Reformas de Vehículos:** Documento elaborado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en colaboración con los órganos competentes en materia de ITV de las comunidades autónomas, que establece las descripciones de las reformas tipificadas, su codificación y la documentación precisa para su tramitación. Este manual estará disponible para consulta de los solicitantes de una reforma en todas las estaciones de ITV. El manual será actualizado cuando se modifique la tipificación de las reformas o los criterios reglamentarios en materia de vehículos, tanto de carácter nacional como de la Unión Europea (4).

**Homologación de tipo CE:** procedimiento mediante el cual un Estado miembro del EEE certifica que un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente cumple las correspondientes disposiciones administrativas y requisitos técnicos de las Directivas 2002/24/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de marzo de 2002, relativa a la homologación de los vehículos de motor de dos o tres ruedas y por la que se deroga la Directiva 92/61/CEE del Consejo; 2003/37/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la homologación de los tractores agrícolas o forestales, de sus remolques y de su maquinaria intercambiable remolcada, así como de los sistemas, componentes y unidades técnicas de dichos vehículos y por la que se deroga la Directiva 74/150/CEE y la Directiva 2007/46/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de septiembre de 2007, por la que se crea un marco para la homologación de los vehículos de motor y de los remolques, sistemas, componentes y unidades técnicas independientes destinados a dichos vehículos, y de los actos reglamentarios enumerados en sus anexos (1).

**Autoridad de homologación:** la autoridad con competencias en todos los aspectos de la homologación de un tipo de vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente o de la homologación individual de un vehículo, del proceso de autorización, de la emisión y, en su caso, retirada de certificados de homologación, así como para actuar como punto de contacto con las autoridades de homologación de los demás Estados miembros del EEE, para designar los servicios técnicos y garantizar que el fabricante cumple sus obligaciones sobre conformidad de la producción. De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 3 de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, en el ámbito de las competencias de la Administración del Estado, corresponden al actual Ministerio de Industria, Turismo y Comercio las actuaciones como autoridad de homologación (1).

**Reforma de vehículo:** Toda modificación, sustitución, actuación, incorporación o supresión efectuada en un vehículo después de su matriculación y en remolques ligeros después de ser autorizados a circular, que o bien cambia alguna de las características del mismo, o es susceptible de alterar los requisitos reglamentariamente aplicables contenidos en el Real Decreto 2028/1986, de 6 de junio. Este término incluye cualquier actuación que implique alguna

modificación de los datos que figuran en la tarjeta de ITV del vehículo (4). **Reforma de importancia:**

**Vehículo completo:** Todo vehículo que no necesita ser completado para satisfacer los requisitos técnicos pertinentes establecidos en la legislación aplicable (4).

**Tarjeta de ITV:** documento que describe a una unidad de vehículo que se pretende poner en circulación, por lo tanto, en ella deberán figurar exclusivamente las características que corresponden al vehículo documentado incluyendo los equipos opcionales de que dispone por haber sido equipado con ellos por el fabricante del mismo, y que están incluidos en su homologación de tipo (1).

**Actos reglamentarios:** Una directiva particular, un reglamento (CE) o un reglamento CEPE/ONU anexo al Acuerdo revisado de 1958 relativo a la adopción de prescripciones técnicas para los vehículos de ruedas, el equipo y piezas que pueden montarse y/o usarse en los vehículos de ruedas y las condiciones para el reconocimiento recíproco de las homologaciones concedidas en base a estas prescripciones (4).

**Luz de gálibo:** la luz instalada cerca de los bordes extremos exteriores y lo más cerca posible de la parte superior del vehículo, y destinada a indicar claramente la anchura total de este. En determinados vehículos de motor y remolques, esta luz sirve de complemento a las luces de posición del vehículo y para resaltar su contorno (9).

**Marcado de alta visibilidad:** dispositivo destinado a aumentar la visibilidad de un vehículo visto desde la parte lateral o trasera (o, en el caso de remolques, también desde la parte delantera), mediante la reflexión de la luz procedente de una fuente luminosa independiente de dicho vehículo, hallándose el observador cerca de la fuente (10).

**Marcado en línea:** marcado de visibilidad destinado a indicar las dimensiones horizontales (longitud y anchura) de un vehículo mediante una línea continua (10).

**Marcado de contorno:** marcado de alta visibilidad destinado a indicar las dimensiones horizontales y verticales (largo, ancho y alto) de un vehículo (10).

**Marcado completo del contorno:** marcado que indica el contorno del vehículo mediante una línea continua (10).

**Marcado parcial del contorno:** marcado que indica la dimensión horizontal del vehículo mediante una línea continua, y la dimensión vertical marcando los bordes superiores (10).

**Marcado en línea:** marcado de visibilidad destinado a indicar las dimensiones horizontales (longitud y anchura) de un vehículo mediante una línea continua (10).

**Retrovisor:** dispositivo que tiene por finalidad permitir, en el campo de visión definido en la reglamentación vigente que se recoge en el anexo 1, una visibilidad clara hacia atrás y hacia los lados del vehículo, exceptuándose los dispositivos complejos tales como los periscopios (6).

**Fabricante:** La persona u organismo responsable ante la autoridad de homologación de todos los aspectos del proceso de homologación o de autorización, y de garantizar la conformidad de la producción. No es esencial que la persona u organismo participe directamente en todas las fases de la fabricación de un vehículo, sistema, componente o unidad técnica independiente sujeta al proceso de homologación (4).

**Vehículo de la misma categoría o tipo:** Aquellos vehículos que no presentan entre sí diferencias por las que deban considerarse de distinta categoría o tipo, según se definen en las Directivas 2007/46/CE, 2003/37/CE o 2002/24/CE, o en el real decreto de homologación nacional de tipo (4).

**Proyecto técnico:** Conjunto de documentos, redactado por técnico competente, que tiene por objeto la definición y la valoración de las características de un producto, obra o instalación, que se requieren en función de su fin o destino (4).

**Plano longitudinal medio del vehículo:** el plano de simetría del vehículo o, si el vehículo no es simétrico, el plano vertical longitudinal que atraviesa el centro de los ejes del vehículo (11).

**Compatibilidad electromagnética:** la capacidad de un vehículo, componente o unidad técnica independiente para funcionar de manera satisfactoria en su entorno electromagnético sin producir perturbaciones electromagnéticas inadmisibles para cualquier objeto situado en dicho entorno (12).

**Voladizo trasero:** la distancia horizontal entre el plano vertical que pasa por el último eje trasero y el punto posterior del vehículo; si el vehículo está equipado con un acoplamiento no desmontable, el punto trasero del vehículo será el punto de acoplamiento (13).

**Masa del vehículo en orden de marcha (MOM):** en el caso de un remolque: La masa del vehículo, combustible y líquidos incluidos, con equipamiento estándar conforme a las especificaciones del fabricante y, si están instalados, la masa de la carrocería, del acoplamiento o acoplamientos adicionales, de la rueda o ruedas de repuesto u de las herramientas (13).

**Masa máxima en carga técnicamente admisible (MMTA):** la masa máxima asignada a un vehículo sobre la base de sus características constructivas y sus prestaciones nominales; la masa máxima en carga técnicamente admisible de un remolque o de un semirremolque incluye la masa estática transferida al vehículo tractor cuando está enganchado (13).

**Tara:** la masa del vehículo con su equipo fijo autorizado, sin personal de servicio, pasajeros ni carga, con su dotación completa de agua, combustible, lubricante, repuestos, herramientas y accesorios necesarios (6).

**Masa máxima en carga técnicamente admisible del conjunto (MMTC):** la masa máxima asignada al conjunto formado por un vehículo de motor y uno o más remolques según sus características constructivas y sus prestaciones nominales, o la masa máxima asignada al conjunto formado por un tractocamión y un semirremolque (13).

**Masa máxima técnicamente admisible sobre un grupo de ejes:** la masa correspondiente a la carga vertical estática máxima admisible transmitida al suelo por las ruedas del grupo de ejes, según las características constructivas del grupo de ejes y del vehículo y las prestaciones nominales de ambos (13).

**Masa máxima técnicamente admisible en el punto de acoplamiento de un semirremolque o de un semirremolque de eje central:** la masa correspondiente a la carga vertical estática máxima admisible que el remolque transfiere al vehículo tractor en el punto de acoplamiento, especificada por el fabricante del remolque (14).

**Número de bastidor del vehículo (VIN):** código alfanumérico asignado a un vehículo por el fabricante para garantizar la identificación adecuada de cualquier vehículo (3).

## ANEXO II

### CONTENIDO MÍNIMO DE UN PROYECTO TÉCNICO SEGÚN EL MANUAL DE REFORMAS DE VEHÍCULOS (REV. 5)

#### **5.1.- Proyecto Técnico**

Deberá identificarse: técnico competente, el vehículo (marca, tipo, variante, denominación comercial, número de identificación, matrícula) y las reformas realizadas.

En el caso de correspondencia del vehículo reformado con un tipo homologado en primera o sucesivas fases, se podrá realizar la reforma sin proyecto técnico. Del mismo modo no será necesaria la presentación del proyecto técnico cuando se trate de una restitución/desinstalación de elementos si el vehículo resultante está amparado por una homologación de tipo.

El proyecto debe estar identificado de forma inequívoca en todo su contenido, con todas las páginas numeradas e indicando en todas ellas el número final de páginas, incluyendo los anexos. Los planos del documento podrán acogerse a un sistema de numeración independiente, siempre y cuando se encuentren numerados y se indique el número total de planos.

El proyecto técnico para garantizar que, tanto el taller transformador como el firmante del informe de conformidad, como la estación ITV tengan a disposición la misma versión, debe incluir en el mismo los datos profesionales del titular, incluyendo los relativos a su titulación, indicando además en cada una de las hojas los siguientes datos:

- Número o código de Proyecto técnico, incluyendo el nivel de modificación ("0" para la versión inicial).

El contenido mínimo del proyecto técnico, además de lo que se determine en cada una de las fichas de este Manual, deberá incluir:

#### **5.1.1.- MEMORIA**

##### **5.1.1.1.- Objeto**

Incluyendo los datos que identifiquen al vehículo.

##### **5.1.1.2.- Antecedentes.**

Identificación de acuerdo con el RD 866/2010, de 2 de julio, de la reforma a realizar y, en su caso, motivos que originan dicha realización y normativa aplicable en relación con los AR que puedan verse afectados por la reforma.

##### **5.1.1.3.- Características del vehículo antes de la reforma. (\*)**

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

##### **5.1.1.4.- Características del vehículo después de la reforma. (\*)**

Utilizando el formato de ficha reducida de características técnicas o ficha de características técnicas correspondiente al tipo de vehículo de que se trate contemplado en el RD 750/2010.

(\*) Solo será necesario identificar el vehículo e indicar las características que cambian antes y después de la reforma, no siendo necesario incluir el formato completo de las descripciones contempladas en el R.D.750/2010.

#### **5.1.1.5.- Descripción de la reforma.**

El proyecto técnico deberá recoger los datos necesarios para que el emisor del informe de conformidad pueda evaluar el cumplimiento o no afectación de los AR obligatorios en cada CR, haciendo mención expresa a cada elemento o sistema modificado o añadido. Describiendo el proceso de realización de la reforma según los siguientes apartados.

- **5.1.1.5.1.- Desmontajes realizados**
- **5.1.1.5.2.- Variaciones y sustituciones.**
- **5.1.1.5.3.- Materiales empleados.**
- **5.1.1.5.4.- Montajes realizados.**

#### **5.1.2.- CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.**

En este apartado deberá justificarse el reparto de masas por eje con la reforma efectuada. Como norma general deberá justificarse el cálculo del sistema de fijación de cualquier elemento añadido objeto del proyecto técnico y en el caso de sustituciones sólo cuando no se utilicen los sistemas de fijación originales. En el caso de vehículos con bastidor independiente, análisis de esfuerzos sobre el bastidor (cortantes, flectores, etc.) y resistencia del mismo, en el caso de elementos fijados a él.

Cuando el elemento sustituido, añadido o modificado tenga una función específica sobre la seguridad activa o pasiva o el comportamiento sobre la protección al medio ambiente, deberá analizarse de manera integral el resultado de la misma en el vehículo reformado, y deberá comprobarse que se mantienen las condiciones exigibles de dicha función con el nuevo elemento.

#### **5.1.3.- PLIEGO DE CONDICIONES.**

##### **5.1.3.1.- Calidad de los materiales empleados.**

##### **5.1.3.2.- Normas de ejecución.**

##### **5.1.3.3.- Certificados y autorizaciones.**

#### **5.1.4.- PLANOS.**

- Esquema del vehículo y sus características fundamentales antes de la reforma.
- Esquema del vehículo y sus características fundamentales después de la reforma.
- Detalles constructivos.

## ANEXO III

### CODIGO ALFANUMÉRICO UTILIZADO EN LA TARJETA DE ITV SEGÚN EL RD 750/2010

CL	CLASIFICACIÓN DEL VEHÍCULO
A.1	NOMBRE DEL FABRICANTE DEL VEHÍCULO BASE
A.2	DIRECCIÓN DEL FABRICANTE DEL VEHÍCULO BASE
D.1	MARCA
D.2	TIPO/VARIANTE/VERSIÓN
D.3	DENOMINACIÓN COMERCIAL DEL VEHÍCULO
E	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO
J	CATEGORÍA DEL VEHÍCULO
J.1	CARROCERÍA DEL VEHÍCULO
D.6	PROCEDENCIA
K	NÚMERO DE HOMOLOGACIÓN DEL VEHÍCULO BASE
G	MASA EN ORDEN DE MARCHA
F.1	MMTA
F.1.1	MASA MÁXIMA EN CARGA TÉCNICAMENTE ADMISIBLE EN CADA EJE
F.1.5	MASA MÁXIMA EN CARGA TÉCNICAMENTE ADMISIBLE EN 5ª RUEDA O PIVOTE DE ACOPLAMIENTO
F.2	MMA
F.2.1	MASA MÁXIMA AUTORIZADA EN CADA EJE 1º/2º/3º
F.4	ALTURA TOTAL
F.5	ANCHURA TOTAL
F.6	LONGITUD TOTAL
F.8	VOLADIZO POSTERIOR
M.1	DISTANCIA ENTRE EJES 1º/2º/3º
M.4	DISTANCIA ENTRE 5ª RUEDA O PIVOTE DE ACOPLAMIENTO Y ÚLTIMO EJE
L	N DE EJES Y RUEDAS
L.2	DIMENSIONES DE LOS NEUMÁTICOS



## ANEXO IV

### FICHA REDUCIDA DEL VEHÍCULO

El tipo de vehículo está definido como R3CN, la variante y la versión vienen dada por un código alfanumérico de 18 cifras, 5 para la variante y 13 para la versión, que permite identificar todas las características del vehículo resultando:

00    C       N       N/    281    A       0       00    ¿¿    0       00    0

Traduciendo a las características que este código refleja:

MARCA	LECIÑENA; TRAILEC
TIPO/VARIANTE/VERSIÓN	R3CN / 00CNN / 281A000¿¿0000
CATEGORÍA	O4
FECHA DE LA PRIMERA MATRICULACIÓN	14/03/2020
NÚMERO DE HOMOLOGACIÓN	e9*2007/46*6871*00
TIPO DE CARROCERÍA (según parte C del anexo II de la Directiva 2007/46)	DA
Nº EJES Y RUEDAS	3 EJES, 6 RUEDAS
DISTANCIAS ENTRE EJES	KINGPIN A 2º EJE: 3440mm 2º A 3º EJE: 1310 mm 3º a 4º EJE: 1310 mm
VIA DE CADA EJE	2000mm
LONGITUD	8000mm
DISTANCIA ENTRE CENTRO DE DISPOSITIVO DE ENGANCHE Y BORDE TRASERO	7060mm
LONGITUD DE LA ZONA DE CARGA	7250 mm
ANCHURA	2400 mm
ALTURA	1400 mm
ALTURA DEL CENTRO DE GRAVEDAD	950 mm
DISTANCIA ENTRE KING PIN Y CENTRO DE GRAVEDAD	4250
VOLADIZO TRASERO	1000 mm
MASA EN ORDEN DE MARCHA	4500 kg
MASA MÁXIMA EN CARGA TÉCNICAMENTE ADMISIBLE (MTMA)	32000 kg
DISTRIBUCIÓN ENTRE EJES DE LA MTMA	ACOPLAMIENTO: 5000 kg 1ER EJE: 9000 kg 2º EJE: 9000 kg 3ER EJE: 9000 kg
MASA TÉCNICAMENTE ADMISIBLE	32000 kg
MASA MÁXIMA ADMISIBLE POR EJE O GRUPO DE EJES	ACOPLAMIENTO: 5000 kg EJE: 9000 kg GRUPO DE EJES: 27000 kg
NEUMÁTICOS Y RUEDAS	-
SUSPENSIÓN NEUMÁTICA O EQUIVALENTE	Si
Dispositivos instalados (conforme 96/53/CE)	Protección lateral Protección trasera Alumbrado Sistemas antiproyección

Tabla 26 Ficha reducida del vehículo

## ANEXO V

### MODELO DE FICHA REDUCIDA RD 750/2010

Ficha Reducida. Vehículos de categoría O
Marca
Tipo / variante / versión
En caso de homologación de vehículo completado se indicará: Tipo/Variante/Versión del vehículo de base (igual que en Ficha de Características)
Denominación comercial
Categoría del vehículo
Nombre y dirección del fabricante del vehículo de base:
Nombre y dirección del fabricante de la última fase de fabricación del vehículo
Emplazamiento de la placa del fabricante
Parte fija VIN
Emplazamiento del número de identificación del vehículo
Vehículo de base:
Número de homologación CE:
Fecha:
Vehículo completo/completado
Números de homologación
Fecha
CONSTITUCIÓN GENERAL DEL VEHÍCULO
N.º de ejes y ruedas
MASAS Y DIMENSIONES
Distancia entre ejes
Vía del eje 1.º / 2.º / 3.º
Longitud
Longitud máxima admisible del vehículo completado
Distancia entre el centro del dispositivo de enganche y el borde trasero del vehículo:
Longitud de la zona de carga: ...
Anchura
Anchura máxima admisible del vehículo completado
Altura
Altura del centro de gravedad (c.d.g.)
Altura máxima admisible del c.d.g. del vehículo completado
Altura mínima admisible del c.d.g. del vehículo completado
Superficie del suelo cubierta por el vehículo (sólo O2, O3 y O4):..... m²
Voladizo trasero
Masa del vehículo con carrocería en orden de marcha
Masa del bastidor desnudo:..... kg
Masa máxima en carga admisible prevista para matriculación/circulación (MMA)
Distribución de esta masa entre los ejes y, en el caso de un semirremolque o de un remolque de eje central, masa sobre el punto de acoplamiento: 1.... kg 2.... kg 3....kg punto de acoplamiento:.... kg
Masa técnicamente admisible en cada eje o grupo de ejes: 1..... kg 2..... kg 3..... kg, y, en caso de un semirremolque o un remolque de eje central, masa sobre el punto de acoplamiento:..... kg
Posición del eje o ejes retráctiles o cargables:
En caso de los dispositivos de acoplamiento de las dases B, D, E y H: masa máxima del vehículo tractor (T) o de la combinación de vehículos (si T < 32 000 kg):..... kg
SUSPENSIÓN
Neumáticos y ruedas (características principales)
Eje o ejes equipados de suspensión neumática o sistema equivalente: sí/no (1)
DIRECCIÓN
Dirección, método de asistencia
FRENADO
Breve descripción del dispositivo de frenado
CARROCERÍA
Tipo de carrocería (según Directiva o Reglamento de la Unión Europea vigente en la materia)
Capacidad del depósito (sólo vehículos cisterna):..... m³
DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO Y SEÑALIZACIÓN LUMINOSA
Dispositivos luminosos obligatorios (Número, color y marca de homologación)
Dispositivos luminosos facultativos (Número, color y marca de homologación)
VARIOS
Marca de homologación del dispositivo de enganche
Tipos o dases de dispositivos de enganche que pueden instalarse:
Valores característicos (1): D..... / V..... / S..... / U.....
Homologación de tipo CE de acuerdo con los requisitos de diseño referentes al transporte de mercancías peligrosas: sí (clase: ...) / no (1)
Homologación de tipo CE de acuerdo con los requisitos de diseño referentes al transporte de determinados animales: sí (clase: ...) / no (1)
Observaciones
Opciones incluidas en la homologación de tipo
Excepciones
Firma autorizada según el RFFR

## ANEXO VI

### CÓDIGOS DE IDENTIFICACIÓN DE LAS REFORMAS

Están presentes en el Manual de reformas de vehículos y son:

#### 1. IDENTIFICACIÓN

Modificaciones que afecten a la identificación del vehículo

- 1.1. Sustitución total o parcial del bastidor o de la estructura autoportante, cuando la parte sustituida sea la que lleva grabado el número de identificación del vehículo
- 1.2. Retroquelado por ausencia, deterioro, desaparición o modificación
- 1.3. Cambio de emplazamiento de la placa de matrícula

#### 2. UNIDAD MOTRIZ

- 2.1. Modificaciones sobre la configuración de la unidad motriz del vehículo
- 2.2. Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de admisión del comburente
- 2.3. Modificación de las características o sustitución de los elementos del sistema de alimentación de combustible
- 2.4. Modificación o sustitución de la unidad motriz por otra de distintas características
- 2.5. Adición o desinstalación de una/s unidad/es motriz/ces para la tracción del vehículo
- 2.6. Cambio de emplazamiento de la unidad motriz Revisión 2ª (Corrección 2ª)
- 2.7. Modificación o sustitución de las características del sistema de escape: disposición, volumen total, silenciadores, catalizador, tramo de salida
- 2.8. Modificación de la ubicación, sustitución, adición o reducción del número de depósitos de combustible
- 2.9. Modificación del sistema de accionamiento del mando para la aceleración, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo
- 2.10. Modificación de sistemas o de la programación de los mismos que puedan variar la potencia máxima
- 2.11. Modificación del sistema de accionamiento para el arranque de la unidad motriz
- 2.12. Transformación a Vehículos eléctricos o híbridos y sus modificaciones
- 2.13. Vehículos eléctricos o híbridos: modificación, sustitución, adición o reubicación del sistema de acumulación de energía recargable

#### 3. TRANSMISIÓN

Modificaciones que afecten al sistema de transmisión

- 3.1. Modificación de las características o sustitución del elemento de conexión o desconexión de la transmisión por otro diferente
- 3.2. Modificación del sistema de accionamiento del embrague, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación del mismo
- 3.3. Modificación de la caja de cambios o sustitución por otra de distintas características
- 3.4. Modificaciones de las características o sustituciones en los elementos de transmisión por otros diferentes desde la salida de la caja de cambios hasta las ruedas
- 3.5. Modificación del sistema de tracción a través de la variación del número de ejes motrices
- 3.6. Modificación o sustitución del sistema de selección de velocidades por otro de distintas características

#### 4. EJES Y RUEDAS

Modificaciones que afecten a la configuración de ejes y ruedas

- 4.1. Sustitución del eje por otro de distintas características o modificación de las características del mismo
- 4.2. Modificación de la distancia entre ejes
- 4.3. Aumento o disminución del número de ejes

- 4.4. Modificaciones o sustituciones en ruedas o instalación/desinstalación de separadores de ruedas que impliquen modificación del ancho de vía
- 4.5. Sustitución de neumáticos por otros no equivalentes
- 4.6. La ficha queda sin contenido
- 4.7. La ficha queda sin contenido
- 4.8. Modificación del número de ruedas
- 4.9. Cambio en dimensiones o índice de carga y/o índice de velocidad en neumáticos
- 4.10. Modificaciones o sustituciones en llantas, ruedas o instalación/desinstalación de separadores de ruedas

## **5. SUSPENSIÓN**

Modificaciones que afecten al sistema de suspensión del vehículo

- 5.1. Modificación de las características del sistema de suspensión o de algunos de sus componentes elásticos

## **6. DIRECCIÓN**

Modificaciones que afecten al sistema de dirección del vehículo

- 6.1. Modificación del sistema de dirección
- 6.2. Cambio de emplazamiento adición o desinstalación de volante
- 6.3. Sustitución del volante por otro
- 6.4. Instalación o desinstalación de ayudas en el volante
- 6.5. Modificación del tipo y modo de mando ó incorporación/desinstalación de sistemas avanzados
- 6.6. Sustitución del manillar por otro

## **7. FRENOS**

Modificaciones que afecten al sistema de frenado del vehículo

- 7.1. Modificación de las características del sistema de frenado o de alguno de sus componentes
- 7.2. Incorporación/desinstalación de sistemas auxiliares de absorción de energía cinética
- 7.3. Modificación de los mandos de accionamiento del freno, así como de la ubicación, sustitución, adición o desinstalación de los mismos
- 7.4. Instalación de un mando o acoplamiento de frenado para el vehículo remolcado

## **8. CARROCERÍA**

Reformas que afecten al acondicionamiento interior de los vehículos

### **ACONDICIONAMIENTO INTERIOR**

Número de plazas o tipo de las mismas

- 8.1. Reducción de plazas de asiento
- 8.2. Aumento de plazas de asiento
- 8.3. Sustitución de plazas de asiento por plazas de pie o modificación del número de plazas de pie
- 8.4. Acondicionamiento de espacio para la instalación de sillas de ruedas

Asientos, cinturones y sus anclajes

- 8.10. Sustitución de asiento por otro distinto
- 8.11. Cambio de algún cinturón de seguridad por otro de diferente tipo, número o situación de los puntos de anclaje
- 8.12. Instalación de cinturones de seguridad Revisión 1ª

Acondicionamiento del espacio destinado a pasajeros y equipaje en vehículos M

- 8.20. Instalación o desinstalación de elementos permanentes en la zona frontal del interior del habitáculo del vehículo
- 8.21. Instalación o desinstalación de mamparas de separación entre asientos

8.22. Modificación, instalación o desinstalación de elementos en la zona de equipaje, o en el espacio destinado a los pasajeros distinto a la zona frontal del habitáculo del vehículo

8.23. Modificación de un autobús para utilizarse como: servicio médico, RTV, vivienda, taller o laboratorio, biblioteca, tienda, o exposición y oficinas

Acondicionamiento de vehículos cuando la cabina está integrada en la carrocería

8.30. Instalación o desinstalación de elementos fijos que no afecten a la estructura del espacio destinado a carga o equipaje del vehículo

8.31. Instalación o desinstalación de elementos fijos que afectan a la estructura del espacio destinado a carga del vehículo

8.32. La ficha queda sin contenido

8.33. Instalación o desinstalación arco de seguridad interior contra vuelco

Elementos que facilitan el acceso o salida a personas y mercancías

8.40. Instalación o desinstalación de rampas, elevadores, grúas, plataformas, asideros, peldaños o sistemas de otra naturaleza

Reformas que afecten al acondicionamiento exterior de los vehículos

#### ACONDICIONAMIENTO EXTERIOR

Estructura del vehículo

8.50. Transformaciones que modifiquen la longitud del voladizo delantero y/o trasero

8.51. Modificaciones que afecten a la carrocería de un vehículo

8.52. Modificación, incorporación o desinstalación de elementos en el exterior del vehículo

8.53. Instalación o desinstalación de máquinas auxiliares para el trabajo

8.54. Instalación o sustitución de una estructura de protección contra el vuelco (ROPS)

8.55. Instalación o sustitución de una estructura de protección frente a la caída o penetración de objetos (FOPS/OPS)

8.56. Adaptación de vehículos para el transporte de mercancías peligrosas o modificación de vehículos homologados ADR

Instalación o modificación de elementos funcionales para un uso específico del vehículo

8.60. Sustitución o modificación del carrozado de un vehículo

8.61. Instalación o desinstalación de grúas

8.62. Incorporación o desinstalación de plataformas elevadoras, así como trampillas o rampas

Reformas que afectan a otros vehículos

#### ESPECÍFICAS PARA OTROS VEHÍCULOS

8.70. Transformación a Ambulancias, funerarios, blindados, autocaravanas y sus modificaciones

Reformas que afectan exclusivamente a vehículos de categorías M2 y M3

#### ESPECÍFICAS PARA CATEGORIAS M2 Y M3

8.80. Cambio de clase en M2 y M3

8.81. Variación del volumen de bodegas o compartimento para equipajes

#### ESPECÍFICAS PARA VEHÍCULOS DE CATEGORIA L, QUAD Y UTV

8.90. Acoplamiento o desinstalación de un sidecar a una motocicleta

8.91. Modificación ó incorporación de mandos, testigos e indicadores

8.92. Modificación ó incorporación de un asidero y/o reposapiés para pasajeros

8.93. Sustitución de un velocímetro

8.94. Modificación, sustitución, o incorporación de Dispositivo Antirrobo

8.95. Modificación, adición o desinstalación de un caballete

8.96. Sustitución o incorporación de avisador acústico

## 9. ALUMBRADO

Dispositivos de alumbrado y señalización

- 9.1. Adición o desinstalación de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización
- 9.2. Modificación o sustitución de cualquier elemento, dispositivo, sistema, componente o unidad técnica independiente de alumbrado y señalización, en cuanto a ubicación o características

## **10. UNIONES ENTRE VEHÍCULOS TRACTORES Y SUS REMOLQUES O SEMIRREMOLQUES**

### Dispositivos de acoplamiento

- 10.1. Instalación, modificación o desinstalación de dispositivos de acoplamiento en vehículos de categorías M y N
- 10.2. Instalación, modificación o desinstalación de dispositivos de acoplamiento en vehículos de categoría O
- 10.3. Instalación, modificación o desinstalación de dispositivos de acoplamiento en vehículos de categoría L, Quad y UTV
- 10.4. Instalación, modificación o desinstalación de dispositivos de acoplamiento en vehículos agrícolas
- 10.5. Instalación, modificación o desinstalación de dispositivos de acoplamiento en vehículos de obras y/o servicios
- 10.6. Transformación de vehículo remolcado en vehículo remolcado apto para remolcar

## **11. MODIFICACIONES DE LOS DATOS QUE AFECTEN EN LA TARJETA ITV**

### Otros

- 11.0. Cambio de alguno de los datos de la tarjeta ITV, cuando no lleva asociada otra transformación
- 11.1. Cambio de clasificación
- 11.2. Variaciones de Masas Máximas Autorizadas
- 11.3. Variación de cualquiera de las Masas Máximas Técnicas Admisibles del vehículo
- 11.4. Variación de la velocidad máxima
- 11.5. Vehículos para uso exclusivo de pruebas deportivas
- 11.6. Ampliación de combinaciones de vehículos modulares para el transporte especial

## ANEXO VII

### PUNTO 1.2.1.5. DEL ANEXO II DEL REGLAMENTO (UE) 1003/2010

#### 1.2.1.5. Visibilidad geométrica:

1.2.1.5.1. Cuando la altura del borde superior de la placa con respecto al suelo no exceda de 1,20 m, la placa será visible en todo su emplazamiento, incluso en los planos siguientes:

- los dos planos verticales que tocan los bordes laterales de la placa y forman con el plano longitudinal medio del vehículo un ángulo de 30° medido hacia el exterior,
- el plano que toca el borde superior de la placa y forma con la horizontal un ángulo de 15° medido hacia arriba y
- el plano horizontal que atraviesa el borde inferior de la placa.

1.2.1.5.2. Cuando la altura del borde superior de la placa con respecto al suelo exceda de 1,20 m, la placa será visible en todo su emplazamiento, incluso en los planos siguientes:

- los dos planos verticales que tocan los bordes laterales de la placa y forman con el plano longitudinal medio del vehículo un ángulo de 30° medido hacia el exterior,
- el plano que toca el borde superior de la placa y forma con la horizontal un ángulo de 15° medido hacia arriba y
- el plano que toca el borde inferior de la placa y forma con la horizontal un ángulo de 15° medido hacia abajo.

## ANEXO VIII

### TABLA RESUMEN DEL REGLAMENTO CEPE/ONU 48

Deberán estar instalados de manera que:

- Resistan las vibraciones
- Será imposible desajustarlas de forma involuntaria
- El eje de referencia de la luz cuando esté instalada en el vehículo será paralelo al plano de apoyo del vehículo sobre la carretera con una tolerancia de  $\pm 3^\circ$

Salvo instrucciones específicas las luces de un mismo par deberán:

- Estar montadas simétricamente con respecto al plano longitudinal medio del vehículo
- Ser simétricas entre si respecto al plano longitudinal medio
- Presentar requisitos fotométricos y colorimétricos idénticos.

TIPO DE LUZ	NÚMERO	COLOR	POSICIÓN	OBLIGATORIO
Luz de marcha atrás	2 + 2 opcionales Opcionales colocados en la parte lateral	Blanco	<b>Disposición:</b> sin requisitos <b>En altura</b> (respecto suelo): 250mm a 1200mm <b>En longitud:</b> Detrás <b>Orientación:</b> hacia atrás	Si
Luces indicador as de dirección	Esquema de montaje B:  <b>Traseros:</b> 2+2 opc. Categoría 2a o 2b  <b>Laterales:</b> 3 Categoría 5 (pueden combinarse con las de posición si estas parpadean)	Amarillo auto	<b>Disposición:</b> TRASERAS <b>En altura:</b> 350mm min, 1500 max <b>En anchura:</b> 400mm max del lateral (no aplicable a opcionales), 600mm min de separación  <b>Disposición:</b> LATERALES (categoría 5) <b>En altura</b> (respecto suelo):: 500mm min 1500 max <b>En longitud:</b> 1800 max ó 2500mm max por impedimento de estructura. Repartidas uniformemente	Si
Señal de emergencia	Mismo número que indicadores de dirección	Amarillo auto	Igual que indicadores de dirección	Si



Luz de frenado  S1, S2, S3, S4	2 de Categoría S1 ó S2 + 1 S3 ó S4/ 2 S1 o S2	Rojo	<b>En altura:</b> S1, S2: 350mm min 1500 máx. (hasta 2100mm por carrocería y si no hay opcionales instaladas) S1, S2 opcionales: cumpliendo en anchura, simetría y verticalmente min a 600mm de obligatorias S3, S4: 850mm min del suelo y siempre por encima de dispositivos S1 y S2 <b>En anchura:</b> S1, S2: 600 mm min de separación S3, S4: sobre plano longitudinal <b>En longitud:</b> S1, S2: Detrás S3, S4: sin requisitos <b>Orientación:</b> hacia atrás	Si
Luz de placa de matrícula trasera	El necesario para iluminar completamente la placa	Blanco	La necesaria para iluminar la placa.	Si
Luz de posición delantera	2	Blanco	<b>Disposición:</b> sin requisitos <b>En altura:</b> 250mm min, 1500 máx. (2100mm máx. por estructura) <b>En anchura:</b> 150 mm máx. borde exterior <b>Entre dispositivos:</b> >600mm, 400 para ancho <1300mm <b>En longitud:</b> sin requisitos <b>Orientación:</b> hacia adelante	Si para anchuras >1600mm Opcional para anchuras menores
Luz de posición trasera	2 + 2 siempre que no se hayan colocado luces de galibo	Rojo	<b>Disposición:</b> ningún requisito <b>En altura:</b> 350 min 1500 máx. (2100mm por carrocería y sin luces opcionales) Si hay opcionales: respetar simetría y a 600mm min por encima de las obligatorias <b>En anchura:</b> 400mm máx. del borde exterior extremo. No se aplica a las opcionales <b>Entre los dos dispositivos:</b> 600mm min <b>En longitud:</b> parte trasera del vehículo <b>Orientación:</b> hacia atrás	Si

Luz de posición lateral  Tipo SM1. (SM2 sólo para M1)	La cual cumpla posicionamiento o longitudinal	Amarillo auto o roja si está agrupada con luz trasera	<p><b>Disposición:</b> sin requisitos</p> <p><b>En altura:</b> 250mm min, 1500 máx. (ampliables a 2100 por carrocería)</p> <p><b>En anchura:</b> sin requisitos</p> <p><b>En longitud:</b> Por lo menos uno en el tercio medio. El delantero a 3m máx. de la parte delantera.</p> <p><b>Entre los dispositivos:</b> 3m máx. (aumentable a 4m por carrocería)</p> <p>El último a 1m máx. de la parte trasera</p> <p><b>Otros requisitos:</b> Cuando la luz de posición lateral situada más atrás esté combinada con la luz de posición trasera recíprocamente incorporada a la luz antiniebla trasera o a la luz de frenado, las características fotométricas de la luz de posición lateral podrán modificarse cuando esté encendida la luz antiniebla trasera o la luz de frenado. Las luces de posición traseras deberán ser de color amarillo auto si son intermitentes con la luz indicadora de dirección trasera.</p>	Si para vehículos de más de 6 m
Luz de gálibo A, AM R, R1, R2, RM1, RM2	2 visibles por delante y 2 visibles por detrás Opcionales: 2 visibles por delante y 2 por detrás	Blanco delante rojo detrás	<p><b>Disposición:</b> sin requisitos</p> <p><b>En altura:</b> Delante: a la altura máxima compatible con las disposiciones relativas a la anchura, el diseño y los requisitos de funcionamiento del vehículo Detrás: a la altura máxima compatible con los requisitos relativos a la anchura, el diseño y el funcionamiento del vehículo, así como con la simetría de las luces. Las luces adicionales, se instalarán lo más separadas en altura como sea posible con respecto a las luces obligatorias y de manera compatible con los requisitos de diseño y de funcionamiento del vehículo y con la simetría de las luces.</p> <p><b>En anchura:</b> lo más cerca posible del borde exterior extremo del vehículo: 400mm máx. de dicho borde</p> <p><b>En longitud:</b> sin requisitos para obligatorias. Para las opcionales.: a no más de 400mm de la parte trasera</p> <p><b>Otros requisitos:</b> cumpliendo todos los requisitos, la luz visible por delante y la luz visible por detrás del mismo lado del vehículo podrán combinarse en un solo dispositivo.</p>	Si para vehículos con anchura superior a 2.10m y opcional para 1,80 a 2,10

Luz antiniebla trasera F, F1, F2	1 ó 2	Rojo	<p><b>Disposición:</b> sin requisitos</p> <p><b>En altura:</b> 250mm mín. 1000mm máx. Para luces agrupadas aumentable a 1200mm</p> <p><b>En anchura:</b> Para un dispositivo: En el lado opuesto al sentido de circulación o en el plano longitudinal medio.</p> <p><b>En longitud:</b> en la parte trasera del vehículo</p> <p><b>Orientación:</b> hacia atrás</p> <p><b>Otros requisitos:</b> en cualquier caso, respetar 100mm entre cualquier luz de frenado y las antiniebla.</p>	Si
Catadióptricos traseros triangulares  CLASE IIIA, IIIB	2 de clase IIIA o IIIB + opc. otros dispositivos retrorreflectantes incluidos 2 catadióptricos que no cumplan los requisitos de ubicación	Rojo	<p><b>Disposición:</b> vértice del triángulo hacia arriba.</p> <p><b>En altura:</b> 250mm mín, 900 máx. Si van agrupados 1200mm máx. Por carrocería máx. 1500mm</p> <p><b>En anchura:</b> 400mm máx. del borde exterior.</p> <p>Distancia entre dispositivos: 600 mín</p> <p><b>En longitud:</b> en la parte trasera del vehículo</p> <p><b>Otros requisitos:</b> La superficie iluminante del catadióptrico podrá tener partes comunes con la superficie aparente de cualquier otra luz trasera.</p>	Si
Catadióptricos traseros no triangulares	2 de clase IA o IB + opc. otros dispositivos retrorreflectantes incluidos 2 catadióptricos que no cumplan los requisitos de ubicación	Rojo	<p><b>Disposición:</b> ningún requisito</p> <p><b>En altura:</b> 250mm mín, 900 máx. Si van agrupados 1200mm máx. Por carrocería máx. 1500mm</p> <p><b>En anchura:</b> 400mm máx. del borde exterior</p> <p><b>Distancia entre dispositivos:</b> 600 mín.</p> <p><b>En longitud:</b> en la parte trasera del vehículo</p> <p><b>Otros requisitos:</b> La superficie iluminante del catadióptrico podrá tener partes comunes con la superficie aparente de cualquier otra luz trasera.</p>	Opcional siempre que vayan agrupadas con otros dispositivos luminosos
Catadióptricos delanteros no triangulares	2 de clase IA ó IB + opc. otros dispositivos retrorreflectantes incluidos 2 catadióptricos que no cumplan los requisitos de ubicación	Blanco	<p><b>Disposición:</b> sin requisitos</p> <p><b>En altura:</b> 250mm mín, 900 máx. Por carrocería máx. 1500mm</p> <p><b>En anchura:</b> 150mm máx. del borde exterior</p> <p><b>Distancia entre dispositivos:</b> 600 mín.</p> <p><b>En longitud:</b> en la parte trasera del vehículo</p> <p><b>Orientación:</b> hacia adelante</p> <p><b>Otros requisitos:</b> La superficie iluminante del catadióptrico podrá tener partes en común con la superficie aparente de cualquier otra luz delantera.</p>	Si

Catadiópticos laterales no triangulares	Clase IA ó IB Que cumpla los requisitos de posicionamiento o longitudinal + opc. otros dispositivos retrorreflectantes incluidos 2 catadiópticos que no cumplan los requisitos de ubicación	Amarillo auto	<p><b>Disposición:</b> sin requisitos</p> <p><b>En altura:</b> 250mm mín, 900 máx. Si van agrupados 1200mm máx. Por carrocería máx. 1500mm</p> <p><b>En longitud:</b> Por lo menos uno en el tercio medio. El delantero a 3m máx. de la parte delantera.</p> <p><b>Entre dispositivos:</b> 3m máx. (aumentable a 4m por carrocería)</p> <p>El último a 1m máx. de la parte trasera</p> <p><b>Orientación:</b> hacia un lado</p> <p><b>Otros requisitos:</b> La superficie iluminante de los catadiópticos laterales podrá tener partes en común con la superficie aparente de cualquier otra luz lateral.</p>	Si
Marcado de visibilidad		Blanco hacia delante Blanco/amarillo auto en parte lateral Rojo o amarillo en parte posterior	<p><b>Disposición:</b> estarán lo más cerca posible de la horizontal y la vertical, compatibles con la forma del vehículo o en su defecto, de su forma exterior. Espaciado horizontal uniforme.</p> <p><b>En altura:</b> lo más cerca posible del borde ocupando &gt;70% del total del vehículo sin contar solapamientos.</p> <p><b>En longitud:</b> a 600mm máx. de cada extremo (excluyendo la barra de tracción) ocupando &gt;70% del total del vehículo sin contar solapamientos.</p> <p><b>En altura:</b> Elementos inferiores: 250mm mín., 1500mm máx., hasta 2500mm por estructura o por cumplir requisitos en longitud Elementos superiores: 400mm máx. del extremo superior</p> <p><b>Otros requisitos:</b> Anchura del dispositivo 60mm mín Se considera continua si la separación es &lt;50% de la longitud del elemento adyacente más corto. (Si es justificable hasta 1000mm de separación) Para marcado parcial: esquinas superiores marcadas por dos secciones a 90º y de 250mm mín. Distancia entre marcado de alta visibilidad trasero y luces traseras será 200mm mín. Placa de matrícula puede considerarse marcado de A.V. si cumple especificaciones de posición.</p>	<p>Obligatorio</p> <p>Parte posterior: completo para anchura&gt;2100mm</p> <p>Lateral: parcial para longitud&gt;6m. Este podrá ser en línea por temas estructurales.</p> <p>No obligatorio: Parte delantera</p>

## ANEXO IX

### CÁLCULOS DEL APARTADO 4.1. y 4.2

#### DISTANCIA ENTRE EJES TÉCNICA

Para calcularla debemos conocer las masas máximas admisibles en cada eje. Para el King-pin, o primer eje, es la que figura en la tarjeta ITV:

$$MMA_1 = 5000 \text{ kg}$$

Para el grupo de ejes trídem se presupone que los tres ejes tienen una  $MMA_i$  idéntica que corresponde a la tercera parte de la MMA para eje trídem definida por el RD 2822/1998 (24 toneladas), siendo:

$$MMA_2 = MMA_3 = MMA_4 = 8000 \text{ kg}$$

Hallamos la distancia técnica del grupo de ejes que es a la cual actúa la fuerza total del grupo trasero de ejes respecto del primer eje del trídem:

$$d_t = \frac{\sum MMA_i \cdot X_i}{\sum MMA_i} = \frac{8000 \text{ kg} \cdot 0 \text{ mm} + 8000 \text{ kg} \cdot 1310 \text{ mm} + 8000 \text{ kg} \cdot 2610 \text{ mm}}{24000 \text{ kg}} = 1310 \text{ mm}$$

Para finalizar, calculamos la distancia entre ejes técnica que resulta de sumar la distancia entre primer y segundo eje y la distancia técnica del grupo de ejes:

$$d_{et} = d_{12} + d_t = 4750 \text{ mm}$$

#### REPARTO DE CARGAS EN LOS EJES

El fabricante suele proporcionar la tara por ejes, aunque también se pueden obtener fácilmente realizando un pesado del chasis en la báscula por grupos de ejes. En nuestro caso la tara se sitúa a 4250 mm del King-pin y es de 4500 kg.

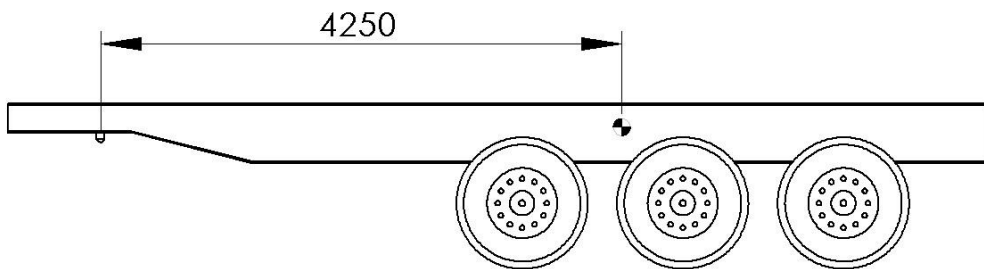


Ilustración 27 Centro de gravedad. Fuente: Propia

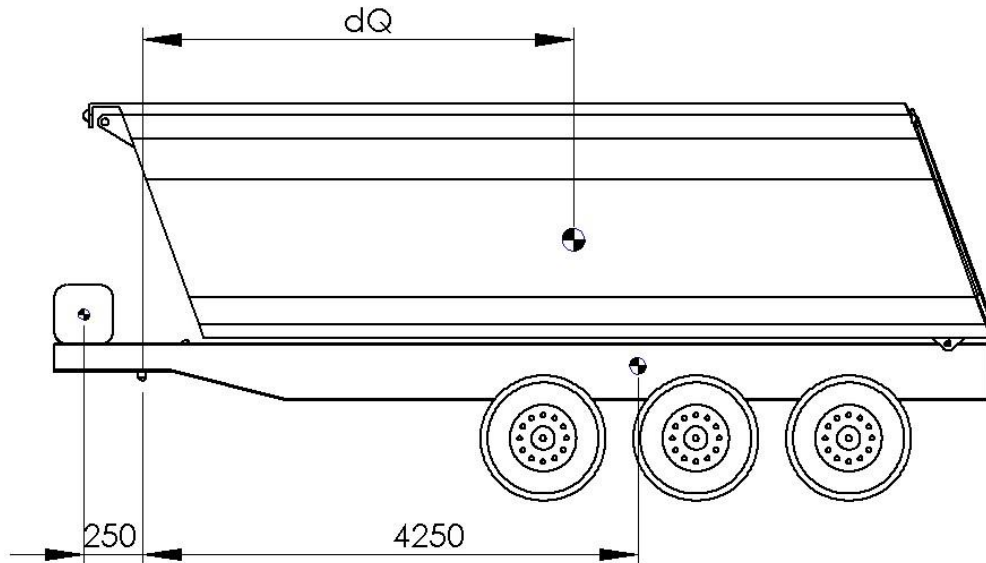
Calculando la tara distribuida en cada grupo de ejes al resolver el sistema de dos ecuaciones

$$\sum F_y = 0 \rightarrow T_d + T_t = T$$

$$\sum M_z(d) = 0 \rightarrow T_d \cdot 0 \text{ mm} + T_t \cdot d_{et} = T \cdot d_T \rightarrow T_t = T \cdot \frac{d_T}{d_{et}} \rightarrow T_t = 4500 \cdot \frac{4250}{4750}$$

$$T_d = 473,69 \text{ kg} \quad T_t = 4026,31 \text{ kg}$$

A continuación, se posicionan todas las cargas adicionales del vehículo. Que incluye el depósito de líquido hidráulico y la carga útil. Se analizan cómo cargas puntuales reuniendo toda su masa en el centro de gravedad situado en su centro geométrico y se resuelven los sistemas aislando las cargas para calcular las reacciones individuales sobre los ejes.



Reacciones del depósito hidráulico:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_{dep_d} + R_{dep_t} = Masa_{dep}$$

$$\sum M_z(d) = 0 \rightarrow R_{dep_d} \cdot 0mm + R_{dep_t} \cdot d_{et} = Masa_{dep} \cdot (750 - 500)mm$$

$$R_{dep_t} = Masa_{dep} \cdot \frac{750 - 500}{d_{et}} = 200 \cdot \frac{250}{4750}$$

$$R_{dep_d} = 189,48 \text{ kg} \quad R_{dep_t} = 10,52 \text{ kg}$$

TIPO DE CARGA	KING-PIN	GRUPO TRIDEM
MMA POR GRUPO	5000 kg	24000 kg
TARA INICIAL ( $T_d, T_t$ )	473,69 kg	4026,31 kg
DEPÓSITO HIDRÁULICO ( $R_{dep_d}, R_{dep_t}$ )	189,48 kg	10,52 kg
CARGA MÁXIMA ADMISIBLE ( $R_{Q_t}, R_{Q_d}$ )	4336,83 kg	19963,17 kg
CARGA UTIL( $Q$ )	24300 kg	
CARGAS TOTALES AÑADIDAS ( $(R'_d, R'_t)$ )	4526,31 kg	19973,69 kg

#### DISTANCIA A LA QUE SE COLOCA LA CARGA ÚTIL

Calculamos la distancia a la que se debe colocar el centro de gravedad de la carga para que cumpla la MMA por eje sustituyendo en la ecuación de momentos generados por Q:

$$Q = MMA - TARA - M_{dep} = (24000 + 5000) - 4500 - 200 = 24300 \text{ kg}$$

$$\sum M_z(d) = 0 \rightarrow R_{Q_d} \cdot 0mm + R_{Q_t} \cdot d_{et} = Q \cdot d_Q \rightarrow d_Q = \frac{R_{Q_t} \cdot d_{et}}{Q}$$

$$d_Q = 3902,26 \text{ mm}$$

### **MÉTODO DE REDISTRIBUCIÓN DE TARAS**

Para que el modelo de cálculo sea coherente, la tara se redistribuye a cada eje que conforma el grupo de forma proporcional a su MMA de la forma siguiente:

Para el primer grupo (delantero), al estar formado por un único “eje” que es el King-pin:

$$T_{1r} = T_d \left( \frac{MMA_1}{MMA_d} \right) = 473,69 \text{ kg}$$

Para el segundo grupo (trasero) la masa se reparte por igual en los tres ejes debido a que su MMA es igual. Esto no tiene por qué cumplirse siempre, pero dado que la única restricción reglamentaria hace referencia al grupo de ejes, para este vehículo en concreto se supone la misma.

$$T_{2r} = T_{3r} = T_{4r} = T_t \left( \frac{MMA_2}{MMA_t} \right) = 4026,31 \cdot \left( \frac{8000}{24000} \right) = 1342,10 \text{ kg}$$

La reacción total en cada grupo de ejes se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$R'_1 = R'_d \cdot \left( \frac{MMA_i}{MMA} \right) = 4526,31 \cdot \left( \frac{5000}{5000} \right) = 4526,31 \text{ kg}$$

$$R'_2 = R'_3 = R'_4 = R'_t \cdot \left( \frac{MMA_i}{MMA} \right) = 19973,69 \cdot \left( \frac{8000}{24000} \right) = 6657,89 \text{ kg}$$

Finalmente se obtiene la reacción total sobre cada eje sumando las reacciones producidas por la tara redistribuida y las reacciones producidas por las cargas adicionadas al chasis cabina:

EJE	King-pin	2º eje	3º eje	4º eje
<b>T<sub>ir</sub></b>	473,69 kg	1342,10 kg	1342,10 kg	1342,10 kg
<b>R'<sub>i</sub></b>	4526,31 kg	6657,89 kg	6657,89 kg	6657,89 kg
<b>R<sub>i</sub></b>	5000 kg	8000 kg	8000 kg	8000 kg

Se puede observar que, al calcular las reacciones totales sobre cada eje, estas no superan la masa máxima admisible. Para esta configuración se ha optimizado la capacidad de carga al máximo posicionando la carga a 3902,26 mm del King pin.

## ANEXO X

### CÁLCULO DE LAS REACCIONES EN LOS APOYOS DE LA BAÑERA

Código utilizado para el cálculo de las reacciones de la bañera

$$g = 9,81 \left[ \frac{m}{s^2} \right]$$

#### DATOS

$$T = 4500 [kg]$$

$$M_{dep} = 200 [kg]$$

$$MMA = 29000 [kg]$$

$$beta = 70 [^\circ]$$

#### DIMENSIONES BAÑERA en configuración 0º

$$dx_{AB0} = 7,230 [m]$$

$$dy_{AB0} = 1,900 [m]$$

$$dx_{ACDGB0} = 3,009 [m]$$

$$dy_{ACDGB0} = 1,025 [m]$$

#### INVARIABLES GEOMETRICAS

$$d_{AC} = dx_{AB0} - \frac{dy_{AB0}}{\tan(beta)}$$

$$d_{AB} = \sqrt{dx_{AB0}^2 + dy_{AB0}^2}$$

$$\tan(omega) = \frac{dy_{AB0}}{dx_{AB0}}$$

$$d_{ACDGB} = \sqrt{dx_{ACDGB0}^2 + dy_{ACDGB0}^2}$$

$$\tan(gamma) = \frac{dy_{ACDGB0}}{dx_{ACDGB0}}$$

#### VARIABLE

$$\{alpha [^\circ]\}$$

#### CARGA UTIL

$$Q = MMA - T - M_{dep}$$

#### FUERZAS Y MOMENTOS PARA EL SEMIRREMOLQUE CON Q

$$F_x \quad Rx_B = -Rx_A$$

$$F_y \quad Ry_A + Ry_B = Q * g$$

$$M_z \quad g * Q * dx_{ACDGB} + Rx_B * dy_{AB} - Ry_B * dx_{AB} = 0$$

#### ecuación auxiliar R\_B

$$\tan(alpha + beta) = \frac{Ry_B}{Rx_B}$$

$$R_B = \sqrt{Ry_B^2 + Rx_B^2}$$

$$R_{Bton} = \frac{R_B}{g * 1000}$$

#### Esfuerzos en visagra

$$R_A = \sqrt{Ry_A^2 + Rx_A^2}$$

$$R_{Aton} = \frac{R_A}{g * 1000}$$



# FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS VARIABLES EN FUNCION DE ALPHA

$$dx_{ACDGB} = d_{ACDGB} * \cos(\alpha + \gamma)$$

$$dy_{ACDGB} = d_{ACDGB} * \sin(\alpha + \gamma)$$

$$dx_{AB} = d_{AB} * \cos(\alpha + \omega)$$

$$dy_{AB} = d_{AB} * \sin(\alpha + \omega)$$

$$dx_{BC} = dx_{AB} - d_{AC}$$

$$dy_{BC} = dy_{AB}$$

$$d_{BC} = \sqrt{dy_{BC}^2 + dx_{BC}^2}$$

$\alpha$	$R_{Aton}$	$R_{Bton}$	$R_A [N]$	$R_B [N]$	$Rx_A$	$Rx_B$	$Ry_A$	$Ry_B$	$d_{BC}$
0	13,73	11,9	134732	116744	-39929	39929	128679	109704	2,022
1	13,67	11,83	134103	116033	-37777	37777	128672	109711	2,13
2	13,62	11,75	133578	115285	-35625	35625	128740	109643	2,239
3	13,57	11,67	133160	114503	-33477	33477	128883	109500	2,349
4	13,54	11,59	132850	113686	-31336	31336	129101	109282	2,46
5	13,52	11,5	132648	112834	-29204	29204	129394	108989	2,572
6	13,51	11,41	132556	111948	-27083	27083	129760	108623	2,684
7	13,51	11,32	132575	111028	-24976	24976	130201	108182	2,797
8	13,53	11,22	132703	110074	-22886	22886	130715	107668	2,91
9	13,55	11,12	132941	109086	-20815	20815	131301	107082	3,023
10	13,59	11,02	133287	108065	-18765	18765	131960	106423	3,137
11	13,63	10,91	133741	107011	-16740	16740	132689	105694	3,251
12	13,69	10,8	134300	105925	-14742	14742	133489	104894	3,365
13	13,76	10,68	134964	104806	-12773	12773	134358	104025	3,479
14	13,84	10,57	135728	103656	-10835	10835	135295	103088	3,593
15	13,92	10,45	136592	102474	-8931	8931	136299	102084	3,707
16	14,02	10,32	137551	101260	-7064	7064	137369	101014	3,821
17	14,13	10,2	138603	100016	-5234	5234	138504	99879	3,935
18	14,25	10,07	139744	98741	-3446	3446	139702	98681	4,049
19	14,37	9,932	140971	97437	-1701	1701	140961	97422	4,163
20	14,5	9,796	142281	96102	0	0	142281	96102	4,276
21	14,65	9,657	143668	94739	1653	-1653	143659	94724	4,39
22	14,79	9,515	145130	93346	3258	-3258	145094	93289	4,503
23	14,95	9,371	146663	91925	4811	-4811	146584	91799	4,617
24	15,11	9,223	148262	90476	6311	-6311	148127	90256	4,729
25	15,28	9,072	149923	89000	7757	-7757	149722	88661	4,842
26	15,46	8,919	151642	87496	9146	-9146	151366	87017	4,955
27	15,64	8,763	153416	85966	10477	-10477	153058	85325	5,067
28	15,82	8,604	155240	84409	11747	-11747	154795	83588	5,179
29	16,02	8,443	157111	82827	12957	-12957	156576	81807	5,29
30	16,21	8,279	159024	81219	14104	-14104	158397	79986	5,402
31	16,41	8,113	160976	79587	15186	-15186	160258	78125	5,513
32	16,61	7,944	162963	77931	16203	-16203	162155	76228	5,623
33	16,82	7,773	164981	76251	17153	-17153	164087	74296	5,734
34	17,03	7,599	167027	74547	18035	-18035	166050	72333	5,843
35	17,24	7,423	169097	72821	18848	-18848	168043	70340	5,953
36	17,45	7,245	171188	71073	19590	-19590	170063	68320	6,062
37	17,67	7,065	173297	69303	20262	-20262	172108	66275	6,171
38	17,88	6,882	175420	67512	20862	-20862	174175	64208	6,279
39	18,1	6,697	177555	65700	21390	-21390	176262	62121	6,387
40	18,32	6,511	179699	63869	21844	-21844	178366	60017	6,495

# ANEXO XI

## FICHA DE CARACTERÍSTICAS DEL ACTUADOR HIDRÁULICO

### Alpha series - Front end cylinder with single eye



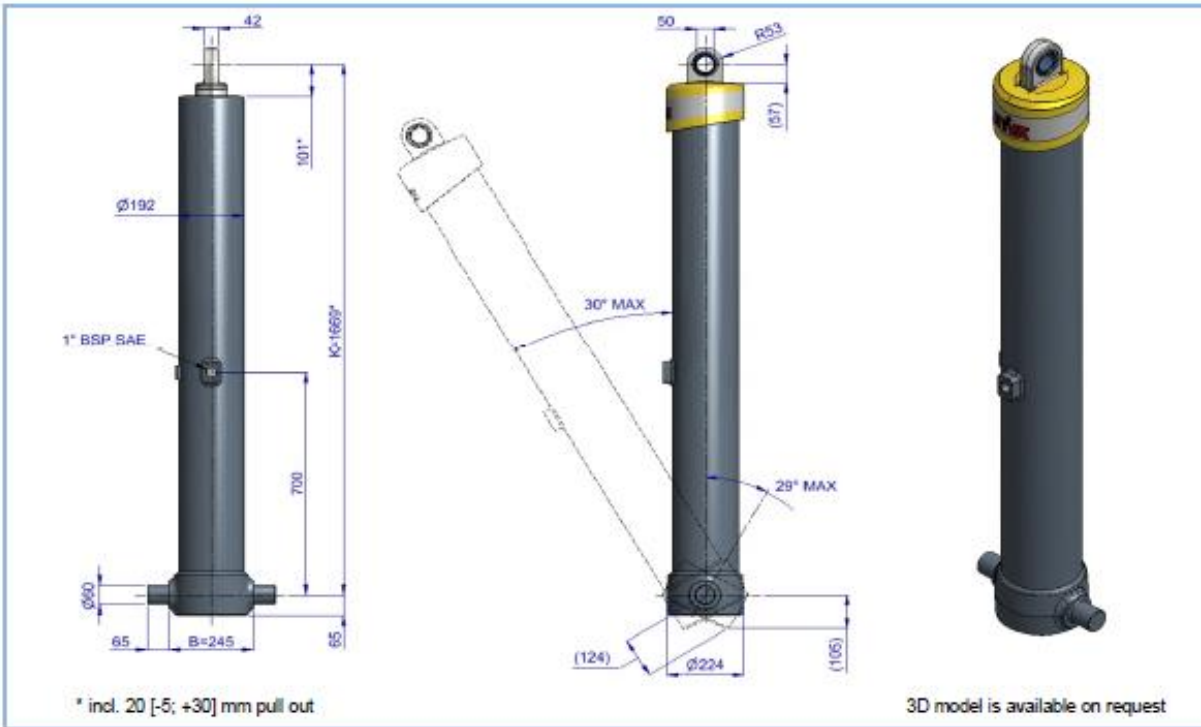
FE A169-5-06830-011-K1669\*700

Item no.

70546556

Tipping weight

30 - 48 ton



#### Specifications

Max. working pressure	170 bar
Weight	257 kg
Working volume	94 L
Total volume	102 L
Max. cyl. load (start tipping)	245 kN
Max. cyl. load (end of stroke)*	80 kN
Max. cyl. load (end of stroke)*	93 kN

#### Max. pump flow

With KO*	190 L/min
Without KO*	137 L/min
With KO* below -20°C	133 L/min
Without KO* below -20°C	96 L/min

#### Tipping time

With KO*	30 sec
Without KO*	41 sec
With KO* below -20°C	43 sec
Without KO* below -20°C	59 sec
Allowable lowering time	30 sec

Extension	1	2	3	4	5	6	7	Total
Effective diameter [mm]	169	149	129	110	91			6830
Stroke* [mm]	1350	1370	1370	1370	1370			

#### Technical notes

- This cylinder is a lifting device only. • It should not be used as a structural member and should not be subjected to side loads. • Tipping valve must have a pressure relief at the device only. • Verify max. working pressure. • Verify max. cyl. load. • Working temperature range is between -40°C and +80°C. • Max. duration of extension is 0.5 hours (excluded hard chromed stages). • Cylinder is painted black (RAL9005) with a min. thickness conforming to the 480 hours neutral salt spray test as per ISO 9227. • \* Hyva knock-off. • \* Insubstantial unloading (shaky load).

#### Related documentation

Bracket options: 015BRA10 &amp; 015BRA13

Mounting instructions: CYL-0031

Oil specifications: OIL-0011

Spec sheet explanation: CYL-0041

#### Tipping weight

BL [mm]	OH [mm]	At [°]	Ycog [mm]	Go [mm]	C [mm]	At [°]
body length	rear overhang	vert. pos. centre of gravity	pivot length	bracket length	tipping angle	stroke x 60 / Qo
200	46	47	49	30	32	34
500	47	49	50	31	33	36
800	48	50	52	32	34	37
200	48	50	53	33	35	38
500	49	51	54	34	36	39
800	50	52	55	35	37	40
200	50	53	56	36	38	41
500	51	54	57	37	39	42
800	52	55	58	38	40	43
200	53	56	59	39	41	44
500	54	57	60	40	42	45
800	55	58	61	41	43	46

Tipping weight [ton] at maximum pressure of 170 bar for a vertically mounted cylinder and C is 158 mm

For detailed tipping calculations please refer to: <https://tipper.hyva.com>

# Alpha series - Front end cylinder with single eye



FE A169-5-06830-011-K1669\*700

Item no.

70546556

Pos.	Part no.	Description	Qty.
C01	71839131	DUST COVER FE 169-5/179-5/191-6	1
P01	74402581	PISTON FL2 S 091-1585-HC	1
P02	71853091 K	SLIDER FL 091 (2 X 1/2) A22	1
P03	71851091 K	OUTER STOPRING FL 091 A22	1
P04	71822091	BOTTOM PLATE PISTON FL 091	1
P05	01745012 K	CIRCLIP 82 DIN 472 (87.5x2.5)	1
P06	71870215 K	O-RING PISTON BOTTOM 091	1
P07	71847200	PISTON EYE SPH. FL 091 MK2 L=075	1
P08	01226430 K	O-RING 72.62 X 3.53 MM	1
P09	71875450 K	SPHERICAL BEARING D.50 MAINT. FREE	1
P10	01770560 K	CIRCLIP 75 DIN 472 (79.5x3.0)	1
P11	71875012	PIN ROUND HEAD GROOVED 8x15 mm	2

S41	74603580	STAGE FL2 110-1580	1
S42	71802110 K	PACKSET FL 110	1
S43	71853110 K	SLIDER FL 110 (2 X 1/2) A22	1
S44	71851110 K	OUTER STOPRING FL 110 A22	1
S45	71852110 K	LIFTRING FL 110 A22	1

S31	74604580	STAGE FL2 129-1580	1
S32	71802129 K	PACKSET FL 129/HP 129	1
S33	71853129 K	SLIDER FL 129 (2 X 1/2) A22	1
S34	71851129 K	OUTER STOPRING FL 129 A22	1
S35	71852129 K	LIFTRING FL 129 A22	1

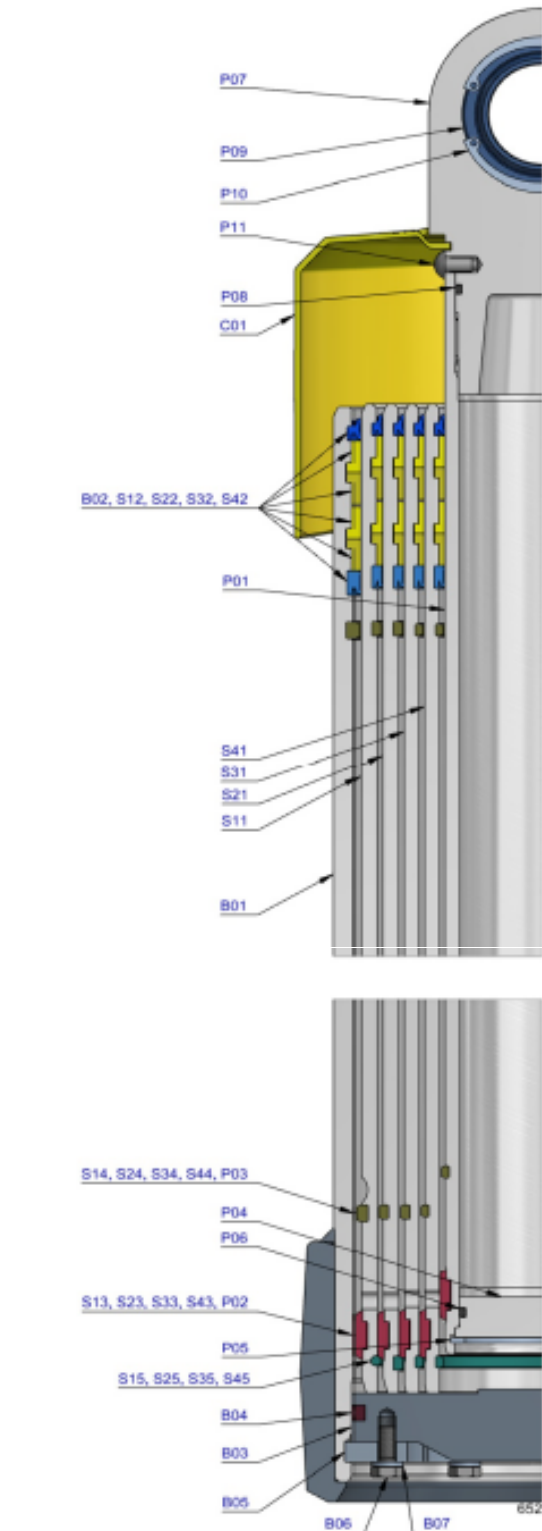
S21	74605580	STAGE FL2 149-1580	1
S22	71802149 K	PACKSET FL 149/HP 150	1
S23	71807151 K	SLIDER FL 149 A35	1
S24	71851149 K	OUTER STOPRING FL 149 A22	1
S25	71852149 K	LIFTRING FL 149 A22	1

S11	74606580	STAGE FL2 169-1580	1
S12	71802169 K	PACKSET FL 169	1
S13	71807171 K	SLIDER FL 169 A35	1
S14	71851169 K	OUTER STOPRING FL 169 A22	1
S15	71813169 K	LIFTRING FL 169x5	1

B01	74507588	BASE FL2 191-1623-4/4BSAE-700	1
B02	71802191 K	PACKSET FL 191	1
B03	71825430	BOTTOM PLATE FL2 191	1
B04	71870040 K	SEAL BOTTOM PLATE FL 191	1
B05	71820195	LOCKING PLATE FL2 191	3
B06	01732055 K	BOLT HEX M8X20X1.25 SET 6 PCS	1
B07	01732559 K	WASHER SPRING M8 SET 6 PCS	1

## Seal kit complete

71908650 K	Consists of all packsets with packset grease and O-rings	
------------	--	--



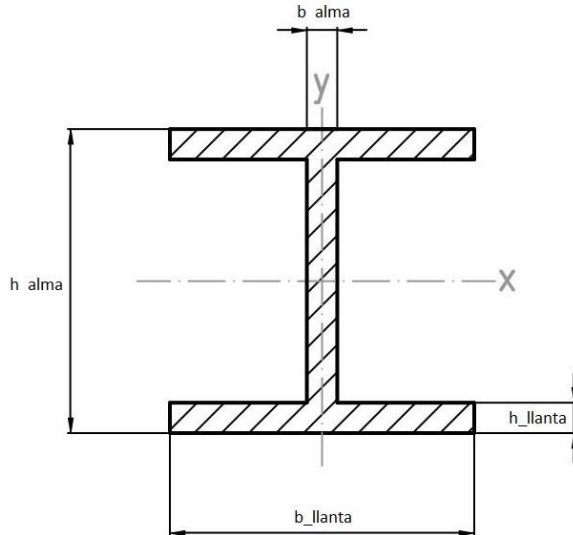
## Notes

The inner stopring is pre-mounted in the grooves on spare bases and stages. Therefore, when ordering new tubes, it is not required to order inner stoprings separately.

## ANEXO XII

### CÁLCULO DE INERCIAS DE LOS LARGUEROS

Se calculan las áreas e inercias de las dos secciones principales, el cuello y el cuerpo de la siguiente manera:



LONGITUD	mm
b_alcuell	5
b_alcuer	4
h_alcuell	210
h_alcuer	462
h_llacuella	10
h_llacuella	8
b_llacuella	14

$$\begin{aligned}
 A_{llacuella} &= (h_{llacuella} * b_{llacuella}) = 1400 \text{ mm}^2 & A_{llacuella} &= (h_{llacuella} * b_{llacuella}) = 1120 \text{ mm}^2 \\
 A_{alacuella} &= (b_{alacuella} * h_{alacuella}) = 1050 \text{ mm}^2 & A_{alacuella} &= (b_{alacuella} * h_{alacuella}) = 1848 \text{ mm}^2 \\
 A_{cuello} &= A_{llacuella} + A_{alacuella} * 2 = 3500 \text{ mm}^2 & A_{cuerpo} &= A_{llacuella} + A_{alacuella} * 2 = 4088 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Inercias de los rectángulos respecto de su centroide:**

$$\begin{aligned}
 I_{0xalacuella} &= \frac{b_{alacuella} * h_{alacuella}^3}{12} = 3,287E7 \text{ mm}^4 & I_{0xllacuella} &= \frac{b_{llacuella} * h_{llacuella}^3}{12} = 5973 \text{ mm}^4 \\
 I_{0xalacuella} &= \frac{b_{alacuella} * h_{alacuella}^3}{12} = 3,859E6 \text{ mm}^4 & I_{0xllacuella} &= \frac{b_{llacuella} * h_{llacuella}^3}{12} = 11667 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Aplicando el **teorema de Steiner** para calcular las inercias de las secciones:

$$\begin{aligned}
 d &= \frac{h_{alacuella}}{2} + \frac{h_{llacuella}}{2} & I &= I_{0xalacuella} + 2 * (I_{0xllacuella} + A_{llacuella} * d^2) \\
 I_{cuello} &= 3,776E7 \text{ mm}^4 & I_{cuerpo} &= 1,566E8 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

**Distancia máxima al CDG del conjunto:**

$$\begin{aligned}
 y_{cuello\max} &= \frac{h_{alacuella}}{2} + h_{llacuella} = 115 \text{ mm} & y_{cuerpo\max} &= \frac{h_{alacuella}}{2} + h_{llacuella} = 239 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Momento resistente del conjunto:**

$$\begin{aligned}
 W_{Tcuello} &= \frac{I_{cuello}}{y_{cuello\max}} = 328366 \text{ mm}^3 & W_{Tcuerpo} &= \frac{I_{cuerpo}}{y_{cuerpo\max}} = 655173 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

## ANEXO XIII

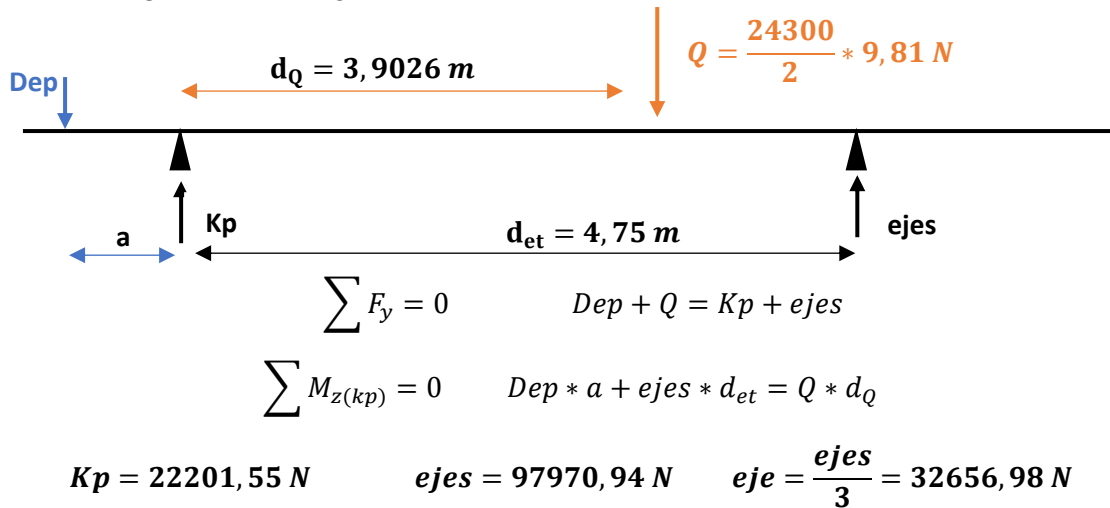
### CÁLCULO DE LAS REACCIONES EN LOS EJES

Para estos cálculos se han realizado los mismos pasos que para hayar la tara en los ejes. Se ha usado el sistema simplificado de dos puntos de apoyo a una distancia técnica y se han ido resolviendo las ecuaciones de equilibrio para obtener las reacciones por grupo de ejes para luego redistribuirlas.

Definiendo los sistemas:

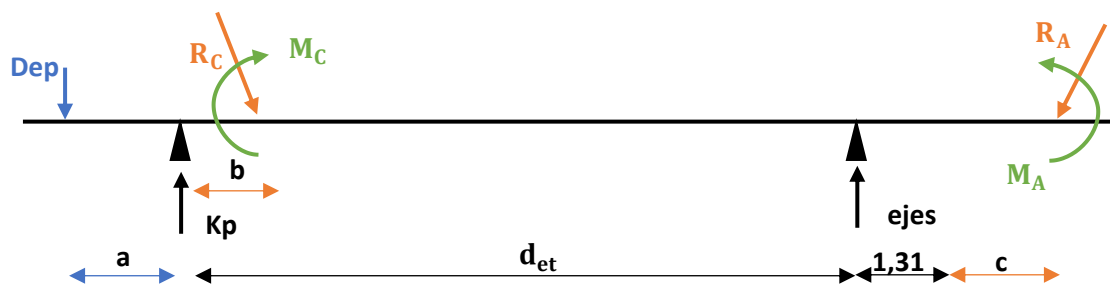
a	0,5 m
b	0,37 m
c	0,85 m
Dep	981 N

- EN ORDEN DE MARCHA



- ALFA = 0°

$R_{x_A}$	-19964,5 N
$R_{y_A}$	64339,5 N
$R_A$	<b>67366 N</b>
$R_{x_C}$	19964,5 N
$R_{y_C}$	54855,5 N
$R_C$	<b>58372 N</b>



$$\sum F_x = 0 \quad R_{x_A} = R_{x_C}$$

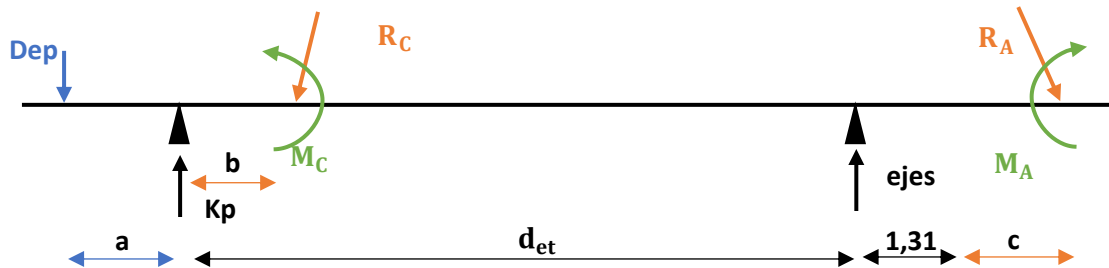
$$\sum F_y = 0 \quad Dep + R_{y_C} + R_{y_A} = Kp + ejes$$

$$\sum M_{z(kp)} = 0 \quad Dep * a + ejes * d_{et} = R_{y_C} * b + R_{y_A} * (d_{et} + 1,31 + c)$$

$$Kp = 22406 \text{ N} \quad ejes = 97766 \text{ N} \quad eje = \frac{ejes}{3} = 32589 \text{ N}$$

- ALFA = 40°

$R_{x_A}$	10922 N
$R_{y_A}$	89183 N
$R_A$	89849,5 N
$R_{x_C}$	-10922 N
$R_{y_C}$	30008,5 N
$R_C$	31934,5 N



$$\sum F_x = 0 \quad R_{x_A} = R_{x_C}$$

$$\sum F_y = 0 \quad Dep + R_{y_C} + R_{y_A} = Kp + ejes$$

$$\sum M_{z(kp)} = 0 \quad Dep * a + ejes * d_{et} = R_{y_C} * b + R_{y_A} * (d_{et} + 1,31 + c)$$

$$Kp = -11800 \text{ N} \quad ejes = 131972 \text{ N} \quad eje = \frac{ejes}{3} = 43991 \text{ N}$$

## ANEXO XIV

### CÁLCULO DE DIAGRAMAS DE ESFUERZOS

#### - EN ORDEN DE MARCHA

##### punto 1-2

$$V_2 = Dep$$

$$M_2 = Dep * b$$

##### punto 2-3

$$V_3 = V_2 - kp$$

$$M_3 = Dep * (b + c) - kp * c$$

##### punto 3-4

$$V_4 = V_3 + q * d$$

$$\text{corta con cero en } 0 = V_3 + q * x_4$$

$$M_4 = Dep * (b + c + d) - kp * (c + d) + q * \frac{d^2}{2}$$

$$M_{4MAX} = Dep * (b + c + x_4) - kp * (c + x_4) + q * \frac{x_4^2}{2}$$

##### punto 4-5

$$V_5 = V_4 - eje + q * e$$

$$\text{corta con cero en } 0 = V_4 - eje + q * x_5$$

$$M_5 = Dep * (b + c + d + e) - kp * (c + d + e) + q * \frac{(d + e)^2}{2} - eje * e$$

$$M_{5MAX} = Dep * (b + c + d + x_5) - kp * (c + d + x_5) + q * \frac{(d + x_5)^2}{2} - eje * x_5$$

##### punto 5-6

$$V_6 = V_5 - eje + q * f$$

$$\text{corta con cero en } 0 = V_5 - eje + q * x_6$$

$$M_6 = Dep * (b + c + d + e + f) - kp * (c + d + e + f) + q * \frac{(d + e + f)^2}{2} - eje * (e + f) - eje * (f)$$

$$M_{6MAX} = Dep * (b + c + d + e + x_6) - kp * (c + d + e + x_6) + q * \frac{(d + e + x_6)^2}{2} - eje * (e + x_6) - eje * (x_6)$$

##### punto 6-7

$$V_7 = V_6 + q * g - eje$$

$$M_7 = Dep * (b + c + d + e + f + g) - kp * (c + d + e + f + g) + q * \frac{(d + e + f + g)^2}{2} - eje * (e + f + g) - eje * (f + g) - eje * g$$

$$\begin{aligned} d &= 2,91274 \text{ m} \\ e &= 1,31 \text{ m} \\ f &= 1,31 \text{ m} \\ g &= 1,217 \text{ m} \end{aligned}$$

$V_1$	981	$M_1$	490,5 Nm
$V_2$	-21221	$M_2$	-10698 Nm
$V_3$	30213, -2444	$M_3$	2398 Nm
$V_4$	20688, -11969	$M_4$	14347 Nm
-	-	$M_{4max}$	-23449-21
$V_5$	11163, -21494	$M_5$	13818 Nm
-	-	$M_{5max}$	2228 Nm
$V_6$	0	$M_6$	10290 Nm
-	-	$M_{6max}$	10290 Nm
$V_7$	-	$M_7$	736,3 Nm



- **ALFA = 0° Y 40°**

punto 1-2

$$V_1 = dep$$

$$M_1 = dep * a$$

punto 2-3

$$V_2 = dep - F_{kp0}$$

$$M_2 = dep * (a + b) - F_{kp0} * b$$

$$M_{2cuell} = dep * 0,75 + F_{kp0} * 0,25$$

punto 3-4

$$V_3 = dep - F_{kp0} + Ry_C$$

$$M_3 = dep * (a + d_{et} - 1,31) - F_{kp0} * (d_{et} - ,31) + M_0 + Ry_C * (d_{et} - b - 1,31)$$

$$V_4 = dep - F_{kp0} + Ry_C - F_{eje0}$$

$$M_4 = dep * (a + d_{et}) - F_{kp0} * (d_{et}) + M_0 + Ry_C * (d_{et} - b) - F_{eje0} * 1,31$$

punto 4-5

$$V_5 = dep - F_{kp0} + Ry_C - F_{eje0} * 2$$

$$M_5 = dep * (a + d_{et} + 1,31) - F_{kp0} * (d_{et} + 1,31) + M_0 + Ry_C * (d_{et} - b + 1,31) - F_{eje0} * 1,31 * 2 - F_{eje0} * 1,31$$

punto 5-6

$$V_6 = dep - F_{kp0} + Ry_C - F_{eje0} * 3$$

$$M_6 = dep * (a + d_{et} + 1,31 + c) - F_{kp0} * (d_{et} + 1,31 + c) + M_0 + Ry_C * (d_{et} - b + 1,31 + c) - F_{eje0} * (1,31 * 2 + c) - F_{eje0} * (1,31 + c) - F_{eje0} * (c) - M_0$$

punto 6-7

$$V_7 = dep - F_{kp0} + Ry_C - F_{eje0} * 3 + Ry_A$$

$\alpha = 0^\circ$			
$V_1$	981	$M_1$	490,5
$V_2$	-21425 N	$M_2$	-7437 Nm
-	-	$M_{2cuell}$	-4866 Nm
$V_3$	33427 N	$M_3$	88496 Nm
$V_4$	838,1 N	$M_4$	89594 Nm
$V_5$	-31751 N	$M_5$	48000 Nm
$V_6$	-64340 N	$M_6$	-6688 Nm
$V_7$	0 N	$M_7$	0 Nm

$\alpha = 40^\circ$			
$V_1$	981 N	$M_1$	490,5 Nm
$V_2$	12781 N	$M_2$	5219 Nm
-	-	$M_{2cuell}$	-2214 Nm
$V_3$	42789 N	$M_3$	152040 Nm
$V_4$	-1202 N	$M_4$	138666 Nm
$V_5$	-45192 N	$M_5$	79464 Nm
$V_6$	-89183 N	$M_6$	3659 Nm
$V_7$	0 N	$M_7$	0 Nm

## ANEXO XV

### CÁLCULO DE LAS UNIONES ATORNILLADAS

Para elegir el diámetro utilizaremos unas fórmulas recomendadas que lo relacionan con el espesor de chapa que van a unir:

$$\phi \leq \sqrt{5 \cdot t_{min}} - 0,2 \rightarrow \phi \leq \sqrt{5 \cdot 0,8} - 0,2 \rightarrow \phi \leq 1,8cm$$

Elegimos tornillos metrica M14.

CLASE	RANGO DE DIÁMETROS	TENSIÓN DE PRUEBA (MPa)	TENSIÓN DE FLUENCIA (MPa)	TENSIÓN DE ROTURA (MPa)
4.6	M5-M36	225	240	400
4.8	M1.6-M16	310	340	420
5.8	M5-M24	380	420	520
8.8	M3-M36	600	660	830
9.8	M1.6-M16	650	720	900
10.9	M5-M36	830	940	1040
12.9	M1.6-M36	970	1100	1220

La tensión a cortante y a compresión se obtiene multiplicando por unos factores correctores obteniendo:

$$\tau_{adm} = \beta \cdot \sigma_{eT} = 0,65 \cdot 660 = 429 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{adm} = \vartheta \cdot \sigma_{eT} = 2 \cdot 660 = 1220 \text{ N/mm}^2$$

### VISAGRAS

La sección de cada tornillo que trabajará a cortante es una circunferencia de un diámetro de 14mm sin roscar:

$$A_{\tau} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{\pi \cdot 14^2}{4} = 153,938 \text{ mm}^2$$

#### - Realizando el estudio estático

El número de tornillos para evitar la rotura a cortante debe ser superior a:

$$n_T \geq \frac{|Rx_A|}{\tau_{adm} \cdot A_{\tau}} = \frac{39929 \text{ N}}{\frac{429 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 153,938 \text{ mm}^2} = 0,62 \text{ tornillos}$$

El número de tornillos para evitar el fallo por aplastamiento del vástago debe ser superior a:

$$n_T \geq \frac{|Rx_A|}{\tau_{adm} \cdot \phi \cdot t_{min}} = \frac{39929 \text{ N}}{\frac{1220 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 14 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}} = 0,46 \text{ tornillos}$$

- Se calculan las uniones cuando el vehículo frena se realiza un **estudio dinámico** calculando la fuerza de inercia que se produce cuando el vehículo sufre una desaceleración de frenada de  $10 \text{ m/s}^2$ . Se utiliza como fuerza el total de la carga debido a que sobre el apoyo del cilindro no debe recaer esfuerzo ante un frenado para evitar su rotura.

$$F_I = Q \cdot a_{fr} = 24300 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 243000 \text{ N}$$

$$n_T \geq \frac{F_I}{\tau_{adm} \cdot A_T} = \frac{243000 \text{ N}}{\frac{429 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 153,938 \text{ mm}^2} = 3,68 \text{ tornillos}$$

La comprobación a rotura por aplastamiento de chapa (aunque no suele realizarse dado que este tipo de uniones falla siempre a cortante):

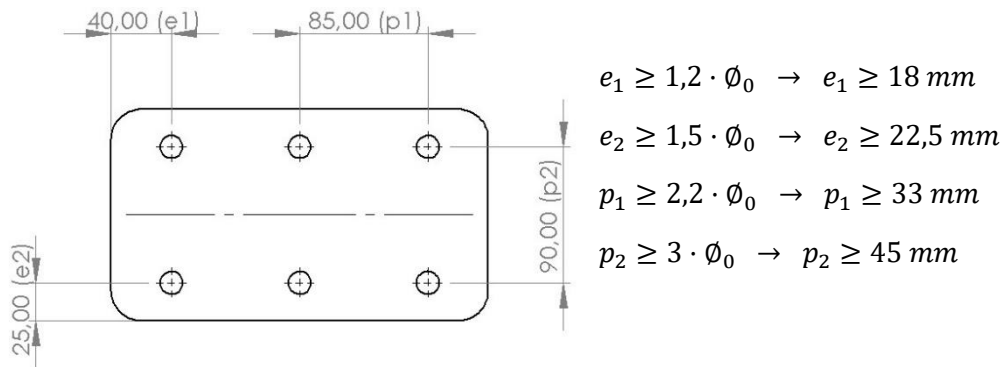
$$n_T = \frac{F_I}{\sigma'_{adm} \cdot \phi \cdot t_{min}} = \frac{243000}{1220 \cdot 14 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}} = 2,845 \text{ tornillos}$$

Para que el sistema trabaje con un coeficiente de seguridad de 3 se analiza la situación de frenado a cortante, que es la más desfavorable:

$$C.S. = \frac{\tau_{adm}}{\tau_c} \rightarrow 3 = \frac{429}{\frac{243000}{n_T \cdot 153,938}} \rightarrow n_T \geq 11,03 \sim 12 \text{ tornillos en total}$$

$$\tau_c = \frac{F_I}{n_T \cdot A_T} = \frac{243000}{n_T \cdot 153,938}$$

- **Posicionamiento de los taladros en la bisagra:** considerando que los taladros se realizan de 15mm de diámetro.



### **SOPORTES ACTUADOR HIDRÁULICO**

#### **- Estudio estático:**

La sección que trabajará a cortante es de un diámetro de 16mm sin roscar:

$$A_{\tau} = n_T \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = 16 \cdot \frac{\pi \cdot 14^2}{4} = 2463 \text{ mm}^2$$

Para calcular el cortante admisible se recurre a la fórmula:

$$\tau_{adm} = \beta \cdot \sigma_{eT} = 0,65 \cdot 660 = 429 \text{ N/mm}^2$$

El esfuerzo cortante total es:

$$\tau_c = \frac{R_c}{A_{\tau}} = \frac{116744}{2463} = 47,4 \text{ N/mm}^2$$

Para esta configuración se trabaja con un coeficiente de seguridad ante cortadura de:

$$CS = \frac{\tau_{adm}}{\tau_c} = 9,05$$

Para la comprobación a rotura por aplastamiento de chapa el espesor mínimo corresponde al del perfil, 5mm:

$$\sigma'_{max} = \frac{R_c}{n_T \cdot \varnothing \cdot t_{min}} = \frac{116744}{16 \cdot 14 \cdot 5} = 104,23 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma'_{adm} = \vartheta \cdot \sigma_{eT} = 2 \cdot 660 = 1220 \text{ N/mm}^2$$

El coeficiente de seguridad a aplastamiento de chapa es:

$$CS = \frac{\sigma'_{adm}}{\sigma'_{max}} = 11,7$$

Se verifica que la unión tendrá una vida infinita.

## ANEXO XVI

### FICHA DE CARACTERÍSTICAS SOPORTE DEL ACTUADOR


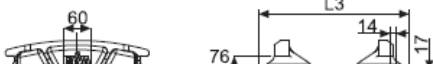
#### Chassis Brackets





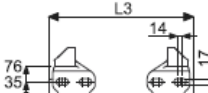
Front end cylinder chassis brackets

Note : Please verify quoted dimensions with your local Hyva subsidiary or agent prior to use




#### Chassis bracket for cylinder type: FC/FE 110/118/129/137/149

		<table><tr><th>Cylinder type</th><th>L3 (mm)</th><th>L4 (mm)</th><th>L5 (mm)</th></tr><tr><td>FC/FE 110</td><td>307</td><td>103</td><td>223</td></tr><tr><td>FC/FE 118</td><td>324</td><td>120</td><td>240</td></tr><tr><td>FC/FE 129</td><td>345</td><td>141</td><td>261</td></tr><tr><td>FC/FE 137</td><td>345</td><td>141</td><td>261</td></tr><tr><td>FC/FE 149</td><td>345</td><td>141</td><td>261</td></tr></table>	Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	FC/FE 110	307	103	223	FC/FE 118	324	120	240	FC/FE 129	345	141	261	FC/FE 137	345	141	261	FC/FE 149	345	141	261
Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)																							
FC/FE 110	307	103	223																							
FC/FE 118	324	120	240																							
FC/FE 129	345	141	261																							
FC/FE 137	345	141	261																							
FC/FE 149	345	141	261																							
<b>Bracket Type</b>	<b>Part no. Bracket</b>	<b>Mass (Kg)</b>	<b>Part no. Replacement bush</b>																							
Maintenance free	015 06 141	7.5	017 94 240																							
Greased version	015 06 146	7.7	017 94 020																							




#### Chassis bracket for cylinder type FC/FE 137/149

			<table border="1"><thead><tr><th>Cylinder type</th><th>L3 (mm)</th><th>L4 (mm)</th><th>L5 (mm)</th></tr></thead><tbody><tr><td>FC/FE 137</td><td>345</td><td>141</td><td>261</td></tr><tr><td>FC/FE 149</td><td>345</td><td>141</td><td>261</td></tr></tbody></table>	Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	FC/FE 137	345	141	261	FC/FE 149	345	141	261
Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)												
FC/FE 137	345	141	261												
FC/FE 149	345	141	261												
<table border="1"><thead><tr><th>Bracket Type</th><th>Part no. Bracket</th><th>Mass (Kg)</th><th>Part no. Replacement bush</th></tr></thead><tbody><tr><td>Maintenance free</td><td>015 06 131</td><td>11</td><td>017 94 240</td></tr><tr><td>Greased version</td><td>015 06 136</td><td>11.2</td><td>017 94 020</td></tr></tbody></table>	Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush	Maintenance free	015 06 131	11	017 94 240	Greased version	015 06 136	11.2	017 94 020			
Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush												
Maintenance free	015 06 131	11	017 94 240												
Greased version	015 06 136	11.2	017 94 020												

#### Chassis bracket for cylinder type FC/FE 157/169/179/191

			<table><tr><th>Cylinder type</th><th>L3 (mm)</th><th>L6 (mm)</th><th>L7 (mm)</th></tr><tr><td>FC/FE 157</td><td>387</td><td>211</td><td>331</td></tr><tr><td>FC/FE 169</td><td>387</td><td>211</td><td>331</td></tr><tr><td>FC/FE 179</td><td>387</td><td>211</td><td>331</td></tr><tr><td>FC/FE 191</td><td>387</td><td>211</td><td>331</td></tr></table>				Cylinder type	L3 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)	FC/FE 157	387	211	331	FC/FE 169	387	211	331	FC/FE 179	387	211	331	FC/FE 191	387	211	331
Cylinder type	L3 (mm)	L6 (mm)	L7 (mm)																							
FC/FE 157	387	211	331																							
FC/FE 169	387	211	331																							
FC/FE 179	387	211	331																							
FC/FE 191	387	211	331																							
<table><tr><th>Bracket Type</th><th>Part no. Bracket</th><th>Mass (Kg)</th><th>Part no. Replacement bush</th></tr><tr><td>Maintenance free</td><td>015 06 131</td><td>11</td><td>017 94 240</td></tr><tr><td>Greased version</td><td>015 06 136</td><td>11.2</td><td>017 94 020</td></tr></table>							Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush	Maintenance free	015 06 131	11	017 94 240	Greased version	015 06 136	11.2	017 94 020								
Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush																							
Maintenance free	015 06 131	11	017 94 240																							
Greased version	015 06 136	11.2	017 94 020																							

#### Chassis bracket for cylinder type FC/FE 214

			<table><tr><th>Cylinder type</th><th>L3 (mm)</th><th>L4 (mm)</th><th>L5 (mm)</th></tr><tr><td>FC/FE 214</td><td>412</td><td>211</td><td>331</td></tr></table>	Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)	FC/FE 214	412	211	331				
Cylinder type	L3 (mm)	L4 (mm)	L5 (mm)												
FC/FE 214	412	211	331												
<table><tr><th>Bracket Type</th><th>Part no. Bracket</th><th>Mass (Kg)</th><th>Part no. Replacement bush</th></tr><tr><td>Maintenance free</td><td>015 06 132</td><td>10.8</td><td>017 94 210</td></tr><tr><td>Greased version</td><td>015 06 133</td><td>11</td><td>017 94 025</td></tr></table>				Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush	Maintenance free	015 06 132	10.8	017 94 210	Greased version	015 06 133	11	017 94 025
Bracket Type	Part no. Bracket	Mass (Kg)	Part no. Replacement bush												
Maintenance free	015 06 132	10.8	017 94 210												
Greased version	015 06 133	11	017 94 025												

#### General information

##### For all chassis brackets use:

- Bolts M16x1.5 Property Class 8.8 or higher.
- Self-locking nuts M16 Property Class 8 or higher.
- Washer 17x30 over slotted holes in the bracket.

##### Bolts kits are available:

- Q005: 16 bolts M16x50, nuts and washers for chassis brackets (2.3 kg).

##### Note:

- Brackets are painted black (RAL 9005 / gloss 25%).
- Weight can vary as per casting process.
- Greased versions includes M8x1 grease nipple.
- For mounting, see instructions CYL-0030 or CYL-0031.
- For bush replacement, see instruction BRA-0002.

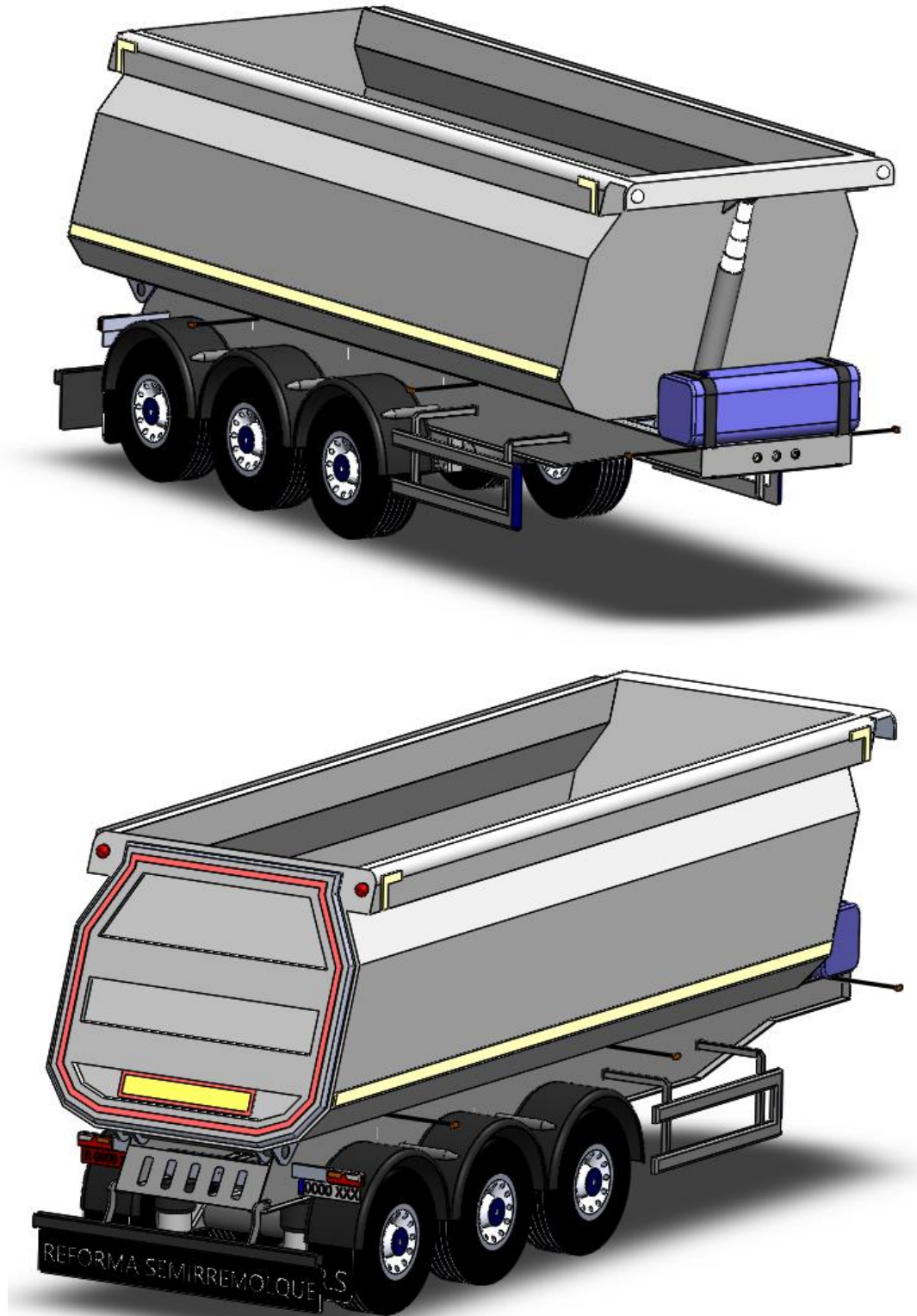
#### Cylinder load Specifications

Part no. Bracket	Max. Cylinder Load (kN)
015 06 131 / 141	235
015 06 132	255
015 06 146	290
015 06 133 / 136	440

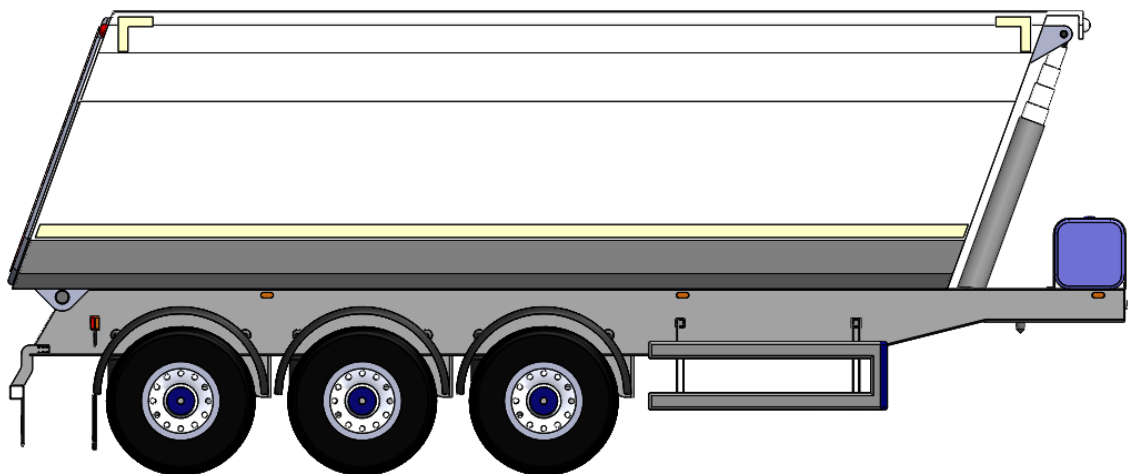
## ANEXO XVII

### CROQUIS DEL VEHÍCULO FINAL

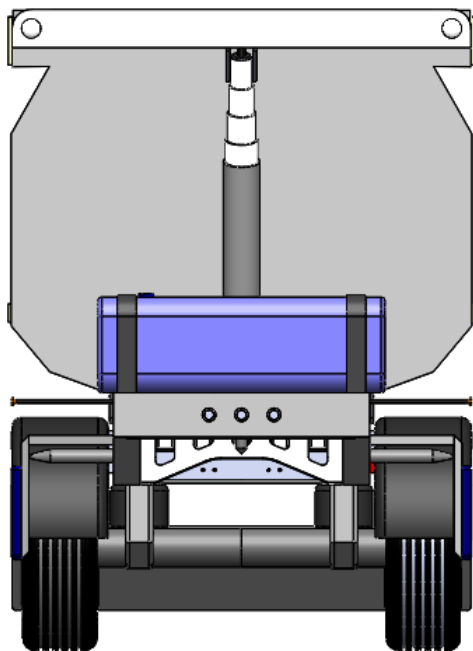
Vistas en perspectiva aclarativas



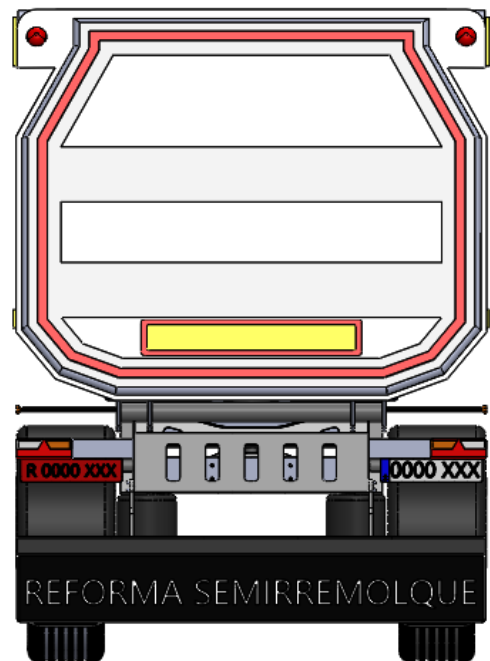
Vista lateral



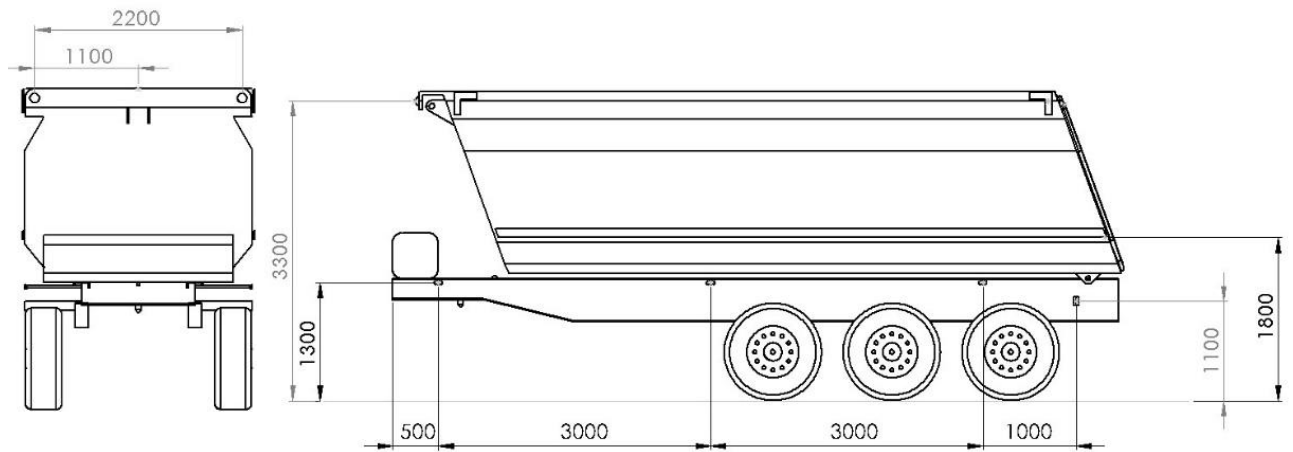
Vista frontal



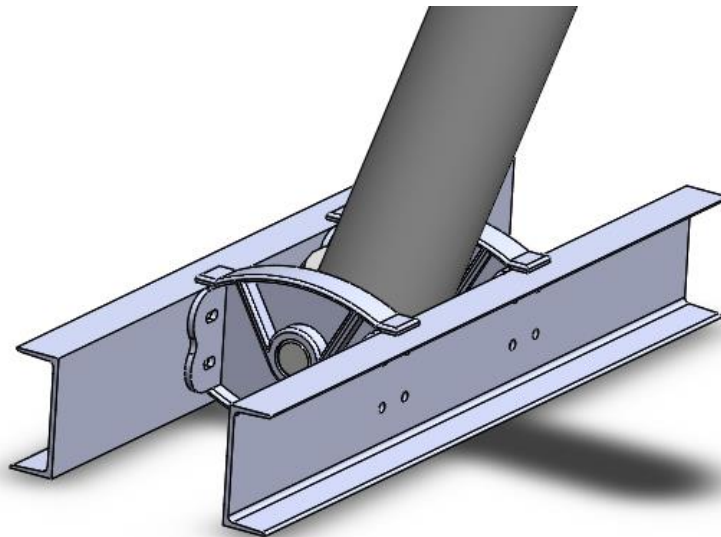
Vista trasera



Detalle posicionamiento de dispositivos de iluminación.



Detalle sujeción cilindro-chasis





### Reposicionamiento protección trasera

No sobrepasar longitud máxima determinada por el portón trasero ni adentrarlo más de 300mm.

